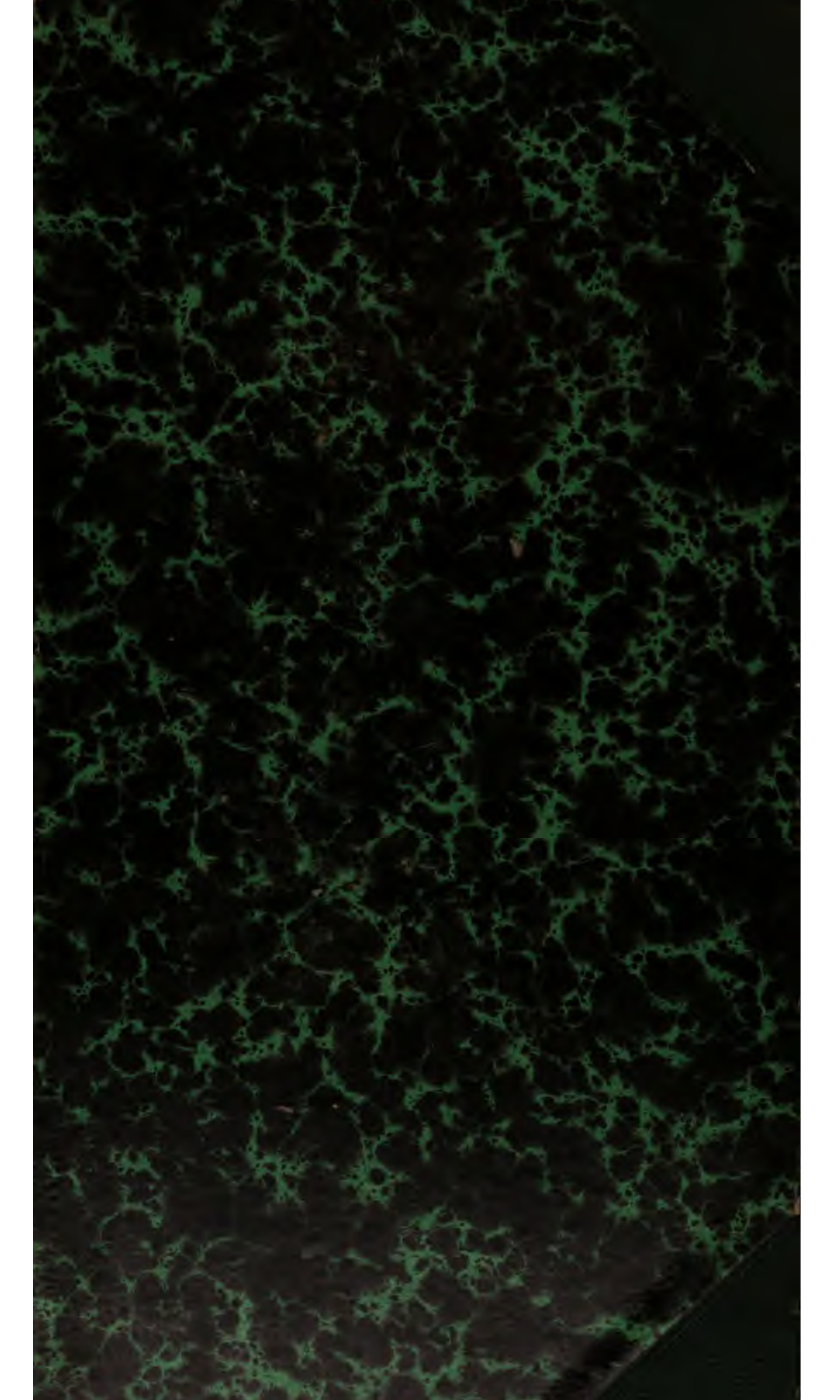


ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOLUME I.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.
1868.
PARIS,
GAUTHIER-VILLARS.
LEIPZIG,
G. E. SCHULZE.

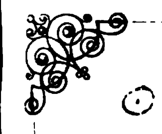
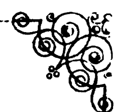
AVIS.

Les Archives du Musée Teyler paraîtront de temps à temps en cahiers successifs, qui contiendront des mémoires scientifiques et les augmentations annuelles de la Bibliothèque et des collections Paléontologiques etc. du Musée.

TABLE DES MATIÈRES.

TABLE DES MATIÈRES.

PLANCHES.

ARCHIVES

DU

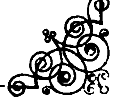
MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

FASCICULE PREMIER.

2e édition revue et corrigée.

HARLEM,
LES HÉRITIERS LOOSJES.
1875.

ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

Fascicule premier.

2e édition revue et corrigée.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.
1875.

TABLE DES MATIÈRES.

AVIS.

Les Archives du Musée Teyler paraîtront de temps à autre en cahiers successifs qui contiendront des mémoires scientifiques et la liste des acquisitions annuelles de la Bibliothèque et des collections Paléontologiques etc. du Musée. Quatre fascicules forment un volume.

Chaque fascicule se vend séparément au prix de 1 fl. 2,25 fr. ou 2 mark.

Une nouvelle impression de ce premier fascicule étant devenue nécessaire, j'en ai profité pour en éliminer autant que possible, les fautes d'impression et en faire retoucher le style; à cela près la présente édition est une reproduction exacte de la première.

La planche sur cuivre représentant le spectre solaire, qui figure dans la première édition n'est par reproduite ici, la planche à imprimer n'existant plus; mais il n'y avait pas la moindre raison de la faire graver à nouveau, une nouvelle planche améliorée de ce spectre figurant au Vol. III, planche 1, et celle-ci reproduisant en tout la première perfectionnée.

Les observations sur la constitution des raies et des bandes qu'on trouvera inscrites dans les art. 13 et 14 de ce mémoire auront encore leur utilité, puisqu'elles donneront l'aspect du spectre solaire à l'aide d'un prisme moins dispersif que celui qui a servi à la construction de la nouvelle planche.

HARLEM, Décembre 1874.

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

FONDATION

DE

P. TEYLER VAN DER HULST,

À HARLEM.

1866.

Directeurs.

V. VAN DER VLUGT.
W. VAN WALRÉ.
J. VAN DER VLUGT.
C. G. VOORHELM SCHNEEVOOGT.
Dr. K. SIJBRANDI.

Secrétaire.

J. J. ENSCHEDÉ, *Dr. en droit.*

Directeur du Cabinet de Physique.

Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Conservateur du Musée de paléontologie et de minéralogie.

Dr. T. C. WINKLER.

Bibliothécaire.

Dr. D. LUBACH.

Conservateur de la Bibliothèque.

J. A. VAN BEMMELEN.

Conservateur des collections de tableaux, de dessins et de gravures.

H. J. SCHOLTEN.

MEMBRES DES SOCIÉTÉS TEYLÉRIENNES.

De la première Société ou Société de théologie.

Dr. S. MULLER, *ancien professeur.*
W. C. MAUVE, V.D.M.
Dr. A. KUENEN, *professeur.*
Dr. S. HOEKSTRA Bz., *professeur.*
C. SEPP, V.D.M.
Dr. D. HARTING, V.D.M.

De la seconde Société.

J. ENSCHEDÉ, *Dr. en droit.*
Dr. J. G. S. VAN BREDA, *ancien professeur.*
H. BEIJERMAN, *Dr. en droit, ancien professeur.*
P. ELIAS, *Dr. en droit.*
Dr. J. VAN DER HOEVEN, *professeur.*
J. DE BOSCH KEMPER, *Dr. en droit, ancien professeur.*

MÉMOIRE

SUR LA

DÉTERMINATION DES LONGUEURS D'ONDE

DU

SPECTRE SOLAIRE,

PRÉSENTÉ

à

M. M. LES DIRECTEURS DE LA FONDATION

PAR

M. V. S. M. VAN DER WILLIGEN,
Directeur du cabinet de physique de Teyler.

Introduction.

---

1. Je vais traiter des longueurs d'onde de plusieurs rayons du spectre solaire; il faut, avant tout, que je nomme les observateurs qui m'ont précédé dans ces recherches; en voici la liste:

FRAUNHOFER, Astronomische Abhandlungen de SCHUMACHER, Heft II, p. 46 et seqq. 1823, et Annalen der Physik von GILBERT. T. LXXIV, p. 337 et seqq. 1823.

ESSELBACH, POGGENDORFF's Annalen T. XCVIII, p. 513 et seqq. 1856.

ÅNGSTRÖM, POGGENDORFF's Annalen T. CXXIII, p. 489 et seqq. 1864.

MASCART, Annales scientifiques de l'école normale supérieure à Paris. T. I, p. 219 et seqq. 1864.

BERNARD, Comptes Rendus de l'Académie des sciences. T. LVIII, p. 1153. 1864.

2. J'ai eu à ma disposition trois réseaux de NOBERT, l'artiste bien connu: A, réseau en argent déposé sur verre ayant 1801 traits, donc 1800 fentes, sur une largeur de neuf lignes de Paris; j'avais destiné ce réseau à la recherche du changement de position du plan de polarisation par la diffraction; en attendant que je me pusse livrer à cette recherche, je m'en suis servi pour les présentes observations qui sont d'un même ordre.

B, réseau ordinaire tracé sur le verre même, ayant 1801 traits, donc 1800 fentes, sur une largeur de six lignes de Paris.

C, réseau de même genre avec 3001 traits, donc 3000 fentes, sur une largeur de six lignes de Paris.

Je me suis mis d'abord à compter le nombre des traits du réseau B. Deux tentatives m'ont donné des nombres très rapprochés de 1801. Mais, prenant en considération que NOBERT ne se sera pas trompé et que le manque d'un seul trait dans l'un de ces réseaux aurait donné des divergences

cherches que je compte

118.

quatre positions relativement
e vers lui, le réseau peut être
bords en haut, facile à marquer,
mbre de traits que porte la lame;
être renversé. Ces deux positions,
s, je les indique dans ce qui va suivre
urner la face non rayée de la lame vers
ransposition du chiffre en haut et en bas;
ique par III et IV. J'ai donné ces quatre
tous les trois réseaux; en opérant ainsi on
on définitive des observations, la plupart des
es au réseau, spécialement celles qui provien-
matique de la lame de glace et de la forme des
amant.

empérature aura quelque influence sur nos résul-
se de la dilatation et de l'incontestable augmentation
mes. Mais, puisque un degré de l'échelle centé-
que $\frac{1}{135000}$ de dilatation linéaire moyenne pour le verre,
a température tombe de beaucoup en dehors des limites
ion exacte et restera inappréciable, du moins pour les
C. Quant au réseau tracé en argent, dont le coefficient de
eaire monte jusqu'à $\frac{1}{50000}$, il se pourrait que l'influence de
ure se fît sentir dans les résultats; mais toutefois elle ne
une grande importance. En outre, la mesure de la tempéra-
la plaque exposée à la chaleur du soleil est pratiquement
le. On pourrait avancer l'élévation de température notable de
noir, dont le pouvoir absorbant est indubitablement très grand;
je ne saurais donner que les températures de l'atmosphère am-
e, tandis que je pourrais tâcher d'abréger autant que possible,
aide d'écrans à chaque instant déplacés, le temps d'insolation
la plaque. Je donne ce que j'ai déduit des températures enre-
trées durant les observations; ce n'est qu'une température moyenne
l'atmosphère ambiante, valable pour toutes les observations d'une
ême série et obtenue après bien des concessions imposées aux nom-
res primitifs.

7. Mais, voici une autre question fort grave, relevée dans les derniers temps. On pourra demander si le mouvement de la lunette observatrice entraînée avec la terre et avec tout l'appareil ne donnerait pas une augmentation ou une diminution de la déviation de la même nature que celle que l'on observe dans l'aberration de la lumière pour les étoiles. M.M. BABINET[1]) et ÅNGSTRÖM[2]) nous affirment tour à tour, que le mouvement de la lunette dans une direction perpendiculaire au rayon incident n'aura aucune influence, tandis que le mouvement de la lunette dans la direction même de ce rayon introduira une erreur proportionnelle à la tangente de la déviation, de même signe, quelle que soit la déviation, à gauche ou à droite, mais changeant de signe avec l'inversion de la direction du mouvement de la lunette.

Voyons ce que la théorie de l'aberration de FRESNEL nous apprend à ce sujet et discutons les divers cas possibles. Soient A, Fig. 1. Pl. II, la fente illuminée par l'héliostat, source terrestre de lumière se mouvant avec le reste de l'instrument: AB le collimateur, dont l'objectif B rend la lumière incidente parallèle; CD la lunette observatrice accommodée pour la vue à l'infini, dirigée sur la fente et animée aussi, comme le reste, du mouvement perpendiculaire à sa propre direction, dont le sens est indiqué par la flèche. Soit a le déplacement de l'appareil durant le temps qu'il faut à la lumière pour parcourir une ondulation entière λ. Le réseau ef est placé perpendiculairement à l'axe de la lunette, c'est à dire perpendiculairement à la ligne AD; mais la surface de l'onde se propageant du collimateur à la lunette aura une direction gh inclinée sur la ligne ef; ainsi gh est la direction de l'onde incidente, qui sera bientôt diffractée. Le sinus de l'angle de gh et ef est égal à $\frac{a}{\lambda}$.

La lumière incidente n'étant donc plus perpendiculaire au réseau, on commettra une erreur dont voici le calcul: soit, Fig. 2 α et β, kl une seule fente du réseau, que nous appellerons U, y compris sa partie opaque enlevée par le trait du diamant. La Fig. β est dessinée pour une déviation à droite; la Fig. α est dessinée pour une déviation à gauche. Toutes les deux montrent d'abord qu'au lieu de l'angle formé par le rayon diffracté avec la normale à la surface de l'onde, on enregistre l'angle formé par ce rayon avec la normale au réseau. La différence de chemin, Fig. 2. α, des rayons extrêmes, qui partent de k et de l, est $bl + el = (\sin bkl + \sin \varphi)\, U = \left(\frac{a}{\lambda} + \sin \varphi\right) U$,

[1]) Comptes Rendus de l'Académie des Sciences du 6 Oct. 1862 et du 9 Mars 1864.
[2]) POGGENDORFF's Annalen, T. CXXIII, p. 500.

en nommant φ l'angle de déviation enregistré. $\Delta' \sin\varphi$, c'est-à-dire l'erreur commise, sera donc $-\frac{a}{\lambda}$.

Mais, continuons encore la discussion avec cette Fig. 2. α. La fente se meut dans la direction kl avec la même vitesse que le réseau; ainsi le point k s'avance vers l tandis que l'autre rayon extrême fait le chemin $bl + el$; et si ce chemin est précisément λ, le point *k de la fente* se sera déplacé, de la quantité a, vers le point fixe *de l'espace l*, et sera venu en k'. Au lieu donc d'introduire la vraie largeur de la fente, que nous avons appelée U, il faudra pour calculer φ, y substituer $U - a$; ce qui donne: $\sin\varphi' = \frac{\lambda}{U - a} = \frac{\lambda}{U} + \frac{\lambda\, a}{U^2}$; mais $\sin\varphi = \frac{\lambda}{U}$; donc $\Delta'' \sin\varphi = \frac{\lambda\, a}{U^2} = \frac{a}{\lambda}.\sin^2\varphi$.

On commet une petite erreur de second ordre, puisque la surface d'onde n'arrive pas précisément au même instant que k au point k'; mais ce retard n'est d'aucune importance. On trouvera toujours cette même valeur $\frac{a}{\lambda}.\sin^2\varphi$, pour la correction soit que φ corresponde précisément à une différence de chemin égale à λ ou à toute autre valeur; puisque kk' croîtra dans la même proportion que $el + bl$.

Soit enfin C'D', Fig. 1, la lunette dans sa position déviée durant les observations; la composante $a.\cos\varphi$, perpendiculaire à sa propre direction, de son mouvement de translation donnera une vraie aberration $\frac{a}{\lambda}.\cos\varphi$. Donc $\Delta'''\varphi = \frac{a}{\lambda}.\cos\varphi$, qui devra être pris de manière que φ devienne trop grande.

Ainsi la discussion donne pour résultat du mouvement du collimateur et du réseau:

$$\Delta' \sin\varphi + \Delta'' \sin\varphi = -\frac{a}{\lambda} + \frac{a}{\lambda}.\sin^2\varphi = -(1 - \sin^2\varphi)\frac{a}{\lambda} = -\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi.$$

Le mouvement de la lunette même donne par suite de l'aberration : $\Delta'''\varphi = \frac{a}{\lambda}\cos\varphi$; donc $\Delta'''\sin\varphi = \frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi$. Ainsi, en somme (posant $\Delta\sin\varphi = \Delta'\sin\varphi + \Delta''\sin\varphi + \Delta'''\sin\varphi$): $\Delta\sin\varphi = -\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi + \frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi = 0$.

La Fig. 3 représente le même cas pour la lumière venant, p. e. d'une étoile A, sans l'intervention d'un héliostat et d'un collimateur. Quand

on juge l'étoile et la lunette alignées, celle-ci est en réalité déviée et dans la position CD. Les ondes incidentes gh sont perpendiculaires à la direction de la lumière incidente; mais le réseau ef, auquel on donne la position perpendiculaire à l'axe de la lunette, n'est plus perpendiculaire à cette direction. L'onde incidente et le réseau laissent entre eux un angle dont le sinus est égal à $\frac{a}{\lambda}$, comme dans la Fig. 1, et du même signe.

Tout le reste de la discussion de la Fig. 1 peut être répété sans aucune modification pour la lumière venant d'une étoile. Donc l'erreur est ici comme là: $-\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi + \frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi = 0$.

Si la déviation, au lieu d'être à gauche, est à droite, on trouve les mêmes résultats changés de signe, c'est-à-dire: $\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi$ et $-\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi$; ainsi: $\frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi - \frac{a}{\lambda}.\cos^2\varphi = \Delta\sin\varphi = 0$.

Si c'est la direction du mouvement qui change, de positive en négative, c'est encore un changement de signe dans les deux résultats trouvés, qui en résulte.

8. Considérons maintenant le cas d'un mouvement de la lunette dans la direction même de la lumière incidente. Soient, Fig. 4, A la fente; AB le collimateur; CD la lunette observatrice dirigée sur la fente et se mouvant avec tout l'appareil dans une direction opposée à celle de la lumière. Réseau et onde incidente, tous deux sont bien perpendiculaires à cette direction. Tournons la lunette dans une direction EF pour observer les spectres déviés; alors la vitesse FG, que je nomme de nouveau a, donne une composante $a.\sin\varphi$ perpendiculaire à la direction de la lunette; $\frac{a}{\lambda}.\sin\varphi$ sera le sinus de l'erreur, ou bien l'erreur elle-même, introduite par l'aberration dans la déviation observée φ.

Mais voyons Fig. 5; hl est de nouveau la largeur totale d'une fente avec sa partie opaque, que je nomme U; je suppose la lunette placée dans la position du premier maximum, c'est-à-dire de manière que les rayons extrêmes aient une différence de phase égale à λ. Tandis que la lumière de l'ondulation secondaire se propage sur une sphère de rayon λ et se meut de l en b, la seconde ondulation primaire viendra de la fente illuminée, source qui se déplace en arrière aussi, jusqu'en $h'l'$, et la fente hl du réseau, par ce même mouvement rétrograde de l'origine de lumière et du réseau avec tout le reste de l'appareil,

se sera retirée jusqu'en $h'l'$; en supposant que hh' soit exactement égal à a. En d'autres termes: la seconde ondulation, qui devrait aboutir en h, pour se réunir à la première partie de l, vient d'une source, qui se retire dans l'intervalle de la quantité a; et quand l'ondulation secondaire de l se sera étendue sur la surface sphérique ayant $lb = \lambda$ pour rayon, cette seconde ondulation primaire, qui participe au mouvement rétrogradant de l'appareil, est arrivée en $h'l'$; mais en même temps la fente du réseau a rétrogradé précisément jusqu'en $h'l'$. Donc, au lieu de h, c'est h', à la distance a en arrière, qui maintenant devient centre d'ébranlement secondaire. A ce point de vue il faut prendre $h'l$ comme fente du réseau, au lieu de hl, dont elle ne diffère en grandeur que d'une quantité de second ordre.

La première ondulation secondaire est partie de l; la seconde, qui se réunit avec elle, part de h', précisément au moment où la première a produit la sphère de rayon λ; c'est l'angle $lh'b$, dont le sinus est égal à $\frac{\lambda}{U}$; $h'b$ est la surface de l'onde diffractée. Mais nous mesurons en effet les déviations sur le cercle divisé de l'instrument en commençant de la normale à hl. Ainsi nous prenons l'angle trop grand et nous commettons dans la lecture de φ une erreur égale à l'angle $h'lh$, c'est-à-dire égale à $\frac{a}{U} = \frac{a}{\lambda} \cdot \sin\varphi$.

L'aberration suivant Fig. 4. rend la déviation trop petite de $\frac{a}{\lambda} \cdot \sin\varphi$, par le mouvement même de la lunette. Mais, suivant ce que nous avons dû admettre, cette déviation enregistrée est prise trop grande de $\frac{a}{\lambda} \cdot \sin\varphi$, par suite du mouvement du réseau et de la fente illuminée. L'influence totale est donc égale à zéro. Ainsi le mouvement de l'appareil n'aura aucune influence sur la valeur de la déviation qui entre dans nos tables, tant que la source de lumière se mouvant avec lui reste terrestre.

Si c'est une étoile dont la lumière vient se diffracter sans l'intervention d'un héliostat et d'un collimateur, les mêmes figures peuvent encore servir. AB (Fig. 4) est la direction de la lumière incidente venant de A; le mouvement de la lunette dans la direction opposée à celle des ondes donnera de nouveau une erreur en moins dans la déviation, égale à $\frac{a}{\lambda} \cdot \sin\varphi$, comme effet de l'aberration.

Dans la Fig. 5 cependant, les ondes se mouvant avec leur vitesse propre viennent maintenant d'une source indépendante du mouvement de la terre; et la seconde ondulation primaire, qui avec une différence de phase

λ devra coopérer avec l'autre sortie déjà de l, viendra plus tôt en coïncidence avec le réseau rétrogradant. Elle rencontre le réseau quand la première n'aura encore produit qu'une sphère de rayon $\frac{\lambda^2}{a+\lambda}$ autour de l; c'est donc cette valeur qu'on doit attribuer à lb. Le réseau n'aura encore rétrogradé que de la distance $\frac{a\lambda}{a+\lambda}$. Ces deux ondulations secondaires, qui partent de h' et de l, déterminent pour nous de nouveau la position de la surface d'onde résultante; elles ont une différence de phase λ, tandis que la différence de chemin n'est que $lb = \frac{\lambda^2}{a+\lambda}$; $h'b$ est le plan tangent de toutes les surfaces sphériques intermédiaires entre h' et l. Aussi $h'l$ est la nouvelle fente, qui ne diffère en grandeur de hl, que d'une quantité de second ordre. L'angle lhb' aura ici pour sinus: $\frac{\frac{\lambda^2}{a+\lambda}}{U} = \sin\varphi - \frac{a}{\lambda}\cdot\sin\varphi$, en nommant φ la vraie valeur de la déviation pour le premier maximum, quand tout l'appareil est en repos. Ainsi $\Delta\sin\varphi = -\frac{a}{\lambda}\cdot\sin\varphi$ et $\Delta\varphi = -\frac{a}{\lambda}\cdot\mathrm{tg}\,\varphi$. Mais nous prenons encore les déviations depuis la normale à hl; nous introduisons donc l'erreur de lecture $\frac{\frac{a\lambda}{a+\lambda}}{U}$, qui, à des grandeurs de second ordre près, est égale à $\frac{a}{U} = \frac{a}{\lambda}\cdot\sin\varphi$, comme tout à l'heure.

La déviation portée dans les registres est donc, en fin de compte, $\varphi - \frac{a}{\lambda}\cdot\sin\varphi - \frac{a}{\lambda}\,\mathrm{tg}\,\varphi + \frac{a}{\lambda}\cdot\sin\varphi = \varphi - \frac{a}{\lambda}\cdot\mathrm{tg}\varphi$. Dans ce résultat final le terme adjoint $\frac{a}{\lambda}\cdot\mathrm{tg}\,\varphi$ résulte de ce que lb n'est plus égal à λ, mais à $\frac{\lambda^2}{a+\lambda}$. Le mouvement de la lunette dans la direction même de la lumière incidente introduira donc ici une erreur $-\frac{a}{\lambda}\cdot\mathrm{tg}\,\varphi$, qu'on trouvera de même signe pour les déviations à gauche et à droite, mais changeant de signe avec le sens du mouvement de la lunette.

Pour résumer: le mouvement de la lunette dans une direction perpendiculaire à celle de la lumière n'a pas d'influence sur les déviations enregistrées, ni quand la lumière provient d'une étoile vue directement,

ni quand la fente est illuminée par le soleil à l'aide d'un héliostat. Le mouvement de la lunette dans la direction même de la lumière ne donne point d'erreur non plus dans le cas de la fente illuminée; tandis que dans celui d'une étoile, qui illumine directement le réseau, il en donne une d'une valeur notable proportionelle à tg φ. Mes résultats et mes formules sont complètement d'accord avec ceux de M. Babinet. Mes observations, avec la fente illuminée fonctionnant comme source de lumière, peuvent se passer de toute rectification.

9. Parlons maintenant de la méthode et des particularités de l'observation. La lunette observatrice est placée perpendiculairement à l'axe du cercle qui sert à mesurer les déviations, à l'aide de l'oculaire spécial qui contient la lame de verre inclinée de 45° sur son axe, en observant les fils de l'oculaire réfléchis par une lame de glace à faces parallèles posée sur la plate-forme centrale. Les images formées par les deux faces de cette lame qui tour à tour sont tournées vers l'observateur à l'aide d'une rotation de 180° du petit cercle central qui porte la plate-forme, doivent coïncider toutes les deux avec les fils vus directement, si l'axe de la lunette est perpendiculaire à l'axe commun de rotation. Les faces de la lame sont en même temps placées parallèlement à l'axe de rotation à l'aide des vis calantes de la plate-forme. Alors notre réseau vient remplacer la lame à faces parallèles et de la même manière sa face tournée vers l'observateur est rendue perpendiculaire à l'axe de la lunette laissé intact, en s'aidant des vis calantes de la plate-forme. L'oculaire spécial est remplacé alors par un autre oculaire astronomique grossissant d'environ 18 fois, en laissant encore intact l'axe de la lunette. Préalablement la lunette armée de cet oculaire ayant été mise au point pour quelque objet très éloigné, la fente illuminée du collimateur était fixée à une telle distance, qu'elle était vue le plus distinctement par la lunette observatrice mise en place. Si maintenant on trouve quelque défaut de parallélisme de la fente et du fil vertical de l'oculaire, les vis de correction de la fente peuvent servir à le réparer.

La fente est illuminée à l'aide d'un héliostat de Fahrenheit et d'un miroir auxiliaire également construits par M. Meyerstein. Le fil vertical de l'oculaire est porté en coïncidence avec la fente, pour fixer le point de départ de la division pour les déviations; en même temps l'erreur produite par quelque forme prismatique de la lame du réseau est éliminée, puisque dans cette opération la fente est vue à travers le réseau.

Reste encore une correction à faire: rien ne nous assure, que les fentes du réseau soient bien parallèles à la fente illuminée et au fil vertical de l'oculaire. Eh bien! dès qu'on tourne la lunette, pour observer quelque

spectre de diffraction, on voit se dessiner plusieurs raies longitudinales, produites par de petites particules de poussière fixées sur la fente illuminée, dont les images sont étirées par le réseau. Ces raies s'allongent dans tous les spectres et seront parfaitement parallèles au fil horizontal de l'oculaire à condition que la fente illuminée, les fentes du réseau et le fil vertical soient exactement parallèles. Parfois sur la fente on peut distinguer la particule de poussière assez grande, qui produit quelque raie longitudinale; la distance de cette raie au fil horizontal devra être partout la même que celle de la particule qui la produit. Ces raies sont d'excellents points de repère pour la correction, qui nous restait, et les vis calantes de la plate-forme nous servent à l'exécuter. Cette nouvelle correction dérange la position du réseau perpendiculaire à l'axe de la lunette, en le tournant un peu autour de l'axe central de l'instrument. J'aime mieux ne pas revenir sur celle-ci, dont le changement n'est jamais très grand, mais en déterminer la correction à la fin des observations, à l'aide du petit cercle central.

M. Mascart a préconisé et utilisé le minimum de déviation, qu'on atteint quand la lumière incidente et la lumière diffractée forment des angles égaux avec la normale au réseau. Quelque recommandable qu'elle soit, je n'ai pas voulu suivre cette méthode, parce qu'elle demandait à chaque instant un déplacement du cercle central portant le réseau, ce qui rendait impossible toute vérification ultérieure que je ne voulais pas sacrifier.

La table centrale et le petit cercle étant fixés à la lunette et au grand cercle divisé, le tout tourne ensemble, et pour les déviations à observer, c'est le rayon diffracté qui reste toujours perpendiculaire au réseau, tandis que le rayon incident s'éloigne de plus en plus de cette position perpendiculaire pour les spectres de plus en plus déviés.

Soit A la déviation observée du rayon incident de la normale au réseau pour quelque spectre et x la petite correction trouvée finalement comme valeur de l'angle formé par la lumière diffractée avec cette même normale au réseau. Alors le sinus de la déviation corrigée devient, comme cela ressort déjà de l'art. 7:

$$\sin A' = \sin (A - x) + \sin x = \sin A - \sin x \cdot \cos A + \sin x$$

$$\sin A' = \sin A + (1 - \cos A)\, x$$

$$\text{donc} \quad \Delta \sin A = + (1 - \cos A)\, x,$$

en supposant x très petite.

10. Cette correction appliquée, j'espère que les erreurs restantes se compenseront mutuellement. J'ai fait mon possible pour empêcher leur accumulation et pour aider à une égale distribution, d'où pourrait naître

I.	T. 26°.0	
6	4,74	5
6	4,80	5
4	3,10	2
4	2,64	0
11	2,18	4
1	6,04	0
1	3,06	1
2	4,27	4
5	4,23	9
4	2,75	0
1	8,83	9
2	5,45	8
6	3,58	9
6	0,95	[illegible]
6	2,57	

une compensation complète. Dans ce but, pour me mettre à l'abri de l'effet de petites secousses inaperçues, communiquées à la lunette observatrice j'ai de temps en temps, et même très souvent, durant les observations dirigé la lunette sur la fente et déterminé la position du point zéro de la division. Il y a pourtant des erreurs, qui déjouent toute tentative de vérification et de détermination compatible avec la construction de l'instrument; telles sont les erreurs de division du cercle, les erreurs qui sont produites par quelque inclinaison de ce cercle divisé sur son axe et celles produites par les irrégularités des vis micrométriques. Puisque l'instrument n'est pas à répétition, il n'y a contre cette sorte d'erreurs d'autre moyen que celui de l'accumulation des observations, en introduisant des arcs toujours croissants de la division, par l'emploi de spectres d'un ordre de plus en plus élevé et de réseaux de plus en plus fins, ce qui introduira en même temps la variation voulue dans les parties des vis micrométriques. Je crois que ce qu'il reste, après toutes ces précautions, d'incomplet et d'inexact dans mes résultats tombe en dehors des limites d'exactitude des observations.

11. M. Mascart a observé une complication des spectres de diffraction de son réseau, qui allait jusqu'à un triplement complet. Fraunhofer déjà a observé une variation en intensité et en pureté, qui venait obscurcir quelques uns des spectres produits par un même réseau; il en a indiqué la cause, qu'il trouvait tout simplement dans la forme des sillons tracés par le diamant. Dans le cours de mes observations, il m'est arrivé quelquefois que dans les spectres de quelque ordre élevé les raies étaient doublées; aidé alors par la plus faible intensité de la raie fausse, je n'ai jamais hésité dans le choix de la vraie; si la confusion me semblait trop grande, j'ai mis un terme à mes observations; souvent par un petit changement dans la direction du rayon solaire qui illuminait ma fente, j'ai diminué la confusion. J'ai observé aussi la variation d'intensité des spectres de divers ordres, comme Fraunhofer; même avec le réseau en argent je l'ai aperçu. Il me semblait cependant, qu'une confusion du premier spectre était contrebalancée par une pureté plus grande du troisième; tandis que le quatrième et le cinquième, très nets quand le premier était bien pur, semblaient partager sa confusion.

12. Les trois Tables ci-jointes donnent pour les trois réseaux les valeurs dûment corrigées et réduites des sinus, en dix-millièmes du rayon du cercle pour les déviations du premier spectre. La valeur donnée pour chaque raie est la moyenne de toutes celles recueillies dans une série; il est sous-entendu que les valeurs obtenues par la mesure des spectres d'un ordre plus élevé que le premier sont divisées d'avance par le numéro d'ordre

de ces spectres. Tous les résultats sont combinés avec le même poids, pour trouver cette moyenne, soit qu'ils fussent déduits d'une observation dans le premier spectre, soit qu'ils fussent déduits de quelque spectre plus élevé. La Planche I (Fig. 1 et 3) donne une reproduction très-exacte des gravures, du spectre solaire et de l'intensité de sa lumière, devenues vraiment classiques de FRAUNHOFER, dans les *Astron. Abhandl.* de SCHUMACHER, qui se trouvent aussi dans les Mémoires de l'Académie de Munich pour 1816. Fig. 2. donne une gravure très-précise du spectre solaire d'après mes propres dessins, faits à l'aide d'un beau prisme de STEINHEIL de 45°, tourné sur le minimum de déviation pour la raie E, et avec l'oculaire grossissant dix-huit fois. Une minute d'accroissement en déviation sur le cercle est représentée dans la gravure par deux millimètres. J'ai indiqué dans mon spectre par les chiffres d'ordre les raies observées et enregistrées dans les Tables. Tant que l'identité était indubitable, j'ai caractérisé ces mêmes raies dans le spectre de FRAUNHOFER par les mêmes chiffres.

Les diverses positions possibles I, II, III et IV des réseaux, dont j'ai parlé-plus haut, sont indiquées dans les Tables par les mêmes chiffres romains et constituent quatre séries.

La première colonne de chaque table donne les chiffres des raies; la deuxième donne les noms plus ou moins connus de ces raies, introduits par FRAUNHOFER, par moi même dans le Mémoire cité sur les indices de réfraction de mélanges d'acide sulphurique et d'eau et par ÅNGSTRÖM. Ce sont ces deux colonnes surtout, qui demandent une plus ample explication. Les colonnes suivantes donnent toujours, pour les diverses séries, dans la première verticale le nombre d'observations séparées, sur lequel repose la valeur du sinus de la déviation donnée dans la seconde. Mes observations se sont étendues souvent jusqu'au cinquième spectre et quelquefois même jusqu'au sixième.

13. La première colonne présente quelques chiffres, qui portent une lettre adjointe; outre cette marque spéciale, c'est en réalité le désir de rendre l'usage de mes résultats plus facile à d'autres, qui m'impose une description plus détaillée.

1 est la raie A de FRAUNHOFER; mais j'aperçus bientôt, que cette raie est formée d'une raie forte plus réfrangible unie à une bande moins réfrangible et moins obscure. 1 α désigne le milieu de la raie et de la bande prises ensemble; 1 β signifie le milieu de la raie forte seule. D'après la gravure il me semble, que FRAUNHOFER a nommé A la raie forte; tandis que dans mes sus dites Recherches sur les indices de réfraction etc., où la dispersion était petite, il vaut mieux prendre comme A ce que j'ai nommé 1 α.

2 est une bande composée de plusieurs raies très fines, dont celles du côté le plus réfrangible sont les plus noires; 2α est le milieu de cette bande; 2β en est le côté le plus noir et le plus réfrangible.

3 est une bande semblable mais plus noire, dont deux raies, situées près du milieu, forment une partie plus intense; 3α est le milieu de la bande; 3β est le milieu difficile à saisir de ces deux raies plus fortes. Je crois que *a* tant de FRAUNHOFER que de mes Recherches sus dites est toujours le milieu de cette bande, c'est-à-dire 3α.

4 est la forte raie B de FRAUNHOFER, qui s'élargit de plus en plus pour les spectres plus élevés, mais dans laquelle on voit en même temps se dessiner une partie plus réfrangible plus obscure que le reste. Le milieu de la bande, qui est le B de mes Recherches sur les indices de réfraction etc. et qui est, à ce que je crois, aussi le B de FRAUNHOFER, je le nomme 4α; le milieu de la partie plus obscure, je le nomme 4β. Dans les spectres plus déliés on voit encore une faible compagne moins réfrangible de B, qui en est assez éloignée.

5, 6 et 7 commencent la région remarquable influencée fortement par l'épaisseur croissante de l'atmosphère, quand le soleil on se coucher; région, qui se termine aux environs de 14. Notre 5 est la raie C de FRAUNHOFER, qui, excellent point de repère, entre toutes les raies maintient des mieux ses caractères de raie bien définie. 6 est une raie un peu confuse. 7 est une raie plus large et plus confuse encore, mais plus noire, ayant son côté le plus réfrangible mieux défini et mieux tranché que l'autre. Cette raie 7 est déjà beaucoup influencée par l'atmosphère; elle devient de plus en plus foncée à mesure que le soleil s'approche de l'horizon; c'est le $\underline{C}$ de mes Recherches citées. C'est près d'elle déjà que semblent surgir de nouvelles raies par le déclin de la lumière du jour; quant à moi, je crois ces raies nouvelles déjà préexistantes, mais noyées dans la lumière éblouissante; tandis que c'est l'absorption de la lumière par l'atmosphère, qui les rend de mieux en mieux visibles.

8 est une raie très prononcée avec une bande appendice moins réfrangible, toutes les deux fortement sujettes à l'influence de l'atmosphère; 8α est le milieu de la bande et de la raie prises ensemble; c'est le $\overline{\overline{D}}$ de mes Recherches citées. 8β est le milieu de la raie seule.

Suivent 9, 10, 11, 12 et 13, raies moins visibles dans les spectres de réfraction, mais très bien prononcées dans les spectres plus dilatés de diffraction. Je recommande surtout 12 et 13, encore assez bien visibles dans les spectres de réfraction, comme d'excellents points de repère, puisqu'elles maintiennent si bien leur caractère de raies simples dans les spectres plus dilatés. 9 est une raie fine; 10 a près d'elle une com-

pagne moins réfrangible; 11 est une raie plus dilatée, qui dans les spectres plus allongés et avec un grossissement plus fort se décomposera en deux autres.

14 est la raie D. Déjà dans les spectres moins dilatés elle se décompose en deux, 14 α et 14 γ, dont la première me semblait la plus noire; dans les spectres plus dilatés il se développe encore une troisième 14 β intermédiaire beaucoup plus faible, presque à égales distances de ces deux.

15 et 16 situées très près l'une de l'autre sont liées entre elles par quelque nébuleuse; 16 très nette est recommandable comme point de repère et maintient extraordinairement bien son caractère de raie simple dans les spectres plus dilatés. Prises ensemble elles sont très bien marquées par la bande obscure plus réfrangible, qui les suit.

17 et 18 sont comme des raies élargies; 17 surtout ressemble plus à une limite plus obscure, mais mal définie, d'une bande qu'à une raie proprement dite.

19 est de nouveau un excellent point de repère, raie très persistante, facile à retrouver avec ses deux compagnes de gauche et de droite. La distance mutuelle de ces trois raies est mieux reproduite dans le spectre de Fraunhofer que dans le mien.

20 sont deux raies passablement obscures non séparées.

21 sont deux raies mieux séparées.

22 est la raie E de Fraunhofer, que j'ai vue double comme Ångström dans les spectres d'un ordre plus élevé. Cette double raie est située très près d'une bande plus réfrangible, dans laquelle elle semble noyée dans les spectres peu dilatés, en accaparant aussi une bande moins large et moins obscure située de son côté moins réfrangible. En réalité, dans les spectres les plus dilatés elle se détache également de ces deux bandes et se montre double; 22 α est cette double raie; 22 β est le point le plus obscur de cette bande prise dans un spectre peu dilaté. Il est évident que la valeur de 22 β devra coïncider de très près avec 22 α. Pour mes Recherches citées il faut prendre 22 β comme représentant E.

23 et 24 sont deux raies séparées, dont la seconde la plus obscure peut servir de point de repère. 23 n'est enregistrée que pour le cas qu'on l'eût par méprise observée au lieu de 24.

25, 26 et 27 constituent comme 14 un des points les plus saillants de tout le spectre solaire; c'est le groupe *b* de Fraunhofer. Dans les spectres moins dilatés, 25 déjà se détache du reste; ensuite, le spectre devenant de plus en plus dilaté, 26 se détache; enfin, dans les plus dilatés, 27 encore se divise en deux; 27 α et 27 γ sont les deux com-

posantes de 27; tandis que 27 β est le point le plus obscur de ces deux raies réunies dans les spectres moins dilatés. Pour *b* dans mon Mémoire sur les indices de réfraction etc. je prendrai la moyenne de 26 et de 27 β.

Suivent 28 et 29, deux raies confuses qui, grossies, sont cohérentes encore avec des bandes, dont celle pour la première est située à gauche et celle pour la seconde à droite. La seconde raie est meilleure que la première.

30 est une raie confuse et trop large, la limite moins réfrangible et plus obscure d'une bande bien définie. On l'aperçoit bientôt et, faute d'autres raies plus pures, elle peut très bien servir de point de repère, dans les spectres moins dilatés, pour cette région relativement pauvre.

14. Suit 31, la raie *c* de Ångström, qui est très forte et forme un excellent point de repère, avec une compagne très rapprochée.

32 et 33 sont deux raies bien définies et très fortes.

34, le F de Fraunhofer, est très noire; mais elle me semblait élargie; en pureté elle le cède à 32 et à 33; c'est le milieu, qui était le point le plus obscur, que j'ai pointé.

35 raie facile à reconnaître avec ses compagnes.

36 bande plus marquée, dont j'ai mesuré la limite la moins réfrangible, le centre et la limite la plus réfrangible, qui est la plus noire et la plus large; ces points sont successivement indiqués par 36 α, 36 β et 36 γ. La gravure de Fraunhofer donnait la première limite comme la plus noire et la plus large, tandis que j'ai vu toujours la dernière prédominer; 36 β est le $\overline{G}$ de mes Recherches sur les indices de réfraction etc.

37 raie noire et fine.

38 et 39 deux raies très noires à la vue; la première se décompose en deux, desquelles la plus réfrangible est mesurée. 39 est double aussi, à ce qu'il me semblait; mais les deux composantes sont à une distance moindre; j'ai pris le milieu pour le point mesuré dans les déviations.

40 est une raie forte, le G de Fraunhofer, facile à reconnaître dans le faisceau dont elle fait partie.

41 et 42 deux raies utiles, en cas de besoin, dont la première a une compagne moins réfrangible à une distance notable.

43 raie double, difficile à décomposer; c'est le côté le plus réfrangible et le plus noir, qui a été mesuré; cette raie est le *g* de Ångström.

44 raie très aisée à reconnaître, un peu dilatée.

45 plutôt une partie nébuleuse qu'une bande proprement dite; je l'ai enregistrée pour le cas d'une méprise, puisqu'on pourrait confondre 44 avec elle.

46 raie très noire et très large, le $\overline{\text{H}}$ de mon Mémoire sur les indices de réfraction et le *h* de Ångström, point de repère très appréciable dans ces régions bientôt nébuleuses.

47, 48 et 49, trois raies, dont la troisième ayant une compagne est la plus facile à reconnaître.

50 est plutôt une bande étroite obscure qu'une raie définie. Toutes les quatre sont d'excellents points de repère, pour le cas que 51, qui va suivre, vînt à manquer.

51 α est la raie ou plutôt le faisceau nébuleux, que Fraunhofer a nommé H. 51 β est sa compagne plus réfrangible et encore beaucoup plus difficilement visible.

15. La comparaison des résultats des colonnes pour les quatre séries I, II, III et IV des Tables m'apprit bientôt, qu'il n'y avait pas de différences constantes et notables entre les nombres donnés pour une même raie par les diverses positions d'un même réseau; du moins que toute l'utilité d'une séparation entre les diverses séries était illusoire, puisque les différences, s'il y en a, se confondent avec les erreurs des observations et y disparaissent tout-à-fait. C'est ce qui me fit préférer de combiner tous les résultats pour une même raie en leur donnant à chacun la même importance et en négligeant toute différence de position du réseau. De cette manière le résultat final dans la colonne, qui donne les moyennes, est déduit d'un calcul dans lequel chaque observation séparée, n'importe de quelle série, entre avec le même poids. Chaque résultat définitif dans cette colonne porte avec lui dans la verticale, qui le précède, le nombre des observations sur lesquelles il est basé. Pour diminuer le nombre des chiffres et faciliter sa tâche au compositeur, les colonnes I, II, III et IV ne contiennent que les chiffres des valeurs des sinus, qui étaient nécessaires pour faire remarquer les variations de ces valeurs de l'une à l'autre colonne; ce n'est que la dernière colonne des moyennes, qui contient ces valeurs toutes complètes.

16. Comme l'on voit, le nombre des observations combinées dans le résultat final diffère notablement pour les diverses raies; et cependant l'exactitude des valeurs des longueurs d'onde, qui en seront déduites, ne présente pas les grandes divergences, auxquelles on pourrait s'attendre à juger de ces nombres, comme il sera démontré plus tard. Il en résulte, que chaque observation séparée est déjà à elle seule exempte d'erreurs entre de telles limites, qu'une accumulation d'observations toujours croissante ne produirait pas une exactitude de plus en plus croissante. Il résultera en même temps, que nous avons beaucoup plus à craindre

de la faiblesse de la lumière, qui règne vers les extrémités du spectre et qui rend de plus en plus invisibles les raies à mesure qu'elles s'approchent de ces limites. J'espère faire cesser cette incertitude l'été prochain en améliorant et en étendant mes observations au commencement et à l'extrémité la plus réfrangible du spectre à l'aide du réseau de Nobert de 10801 traits sur la largeur de tout un pouce de Paris, qui se trouve depuis peu dans la collection du Musée.

17. J'ai parlé plus haut de l'influence de l'atmosphère ou plutôt de l'effet de la position plus basse du soleil. La Table ci-dessous donne quelques particularités pour ce cas, colligées un jour avec le réseau B dans la position I. Elle donne les valeurs des sinus de déviation réduites de manière qu'elles soient applicables au premier spectre, pour quelques points intéressants. Voici ce que j'ai enregistré:

RAIES ATMOSPHÉRIQUES.

Réseau *B*.

C	2	861,54
C^2	2	860,52
C^3	1	858,73
D^5	1	795,15
D^4	4	794,08
D^3	1	793,14
D^2	1	791,66
D^1	5	789,58
D_I	1	787,22
D_{II}	1	786,53
Y_1	1	770,06
Y_2	1	755,20

Au côté le moins réfrangible de 4 viennent surgir plusieurs raies très fines, comme celles qui constituent les bandes 2 et 3; je ne les ai pourtant pas mesurées.

C^1, C^2 et C^3 sont trois raies très fines, qui me semblaient déjà préexistantes, et que je croyais de plus en plus relevées, par l'absorption croissante de la lumière qui les dérobait à l'oeil, comme les raies fines citées à côté de 4. Entre les raies 7 et 8 et le plus près de 8 se développe encore une bande de raies très fines comme la bande 2; mais je n'en ai pas mesuré la déviation.

D^1 — D^5 sont les cinq premières d'un système de raies très fines

régulièrement distribuées et liées deux à deux, au nombre de six ou huit, dont je ne peux pas indiquer l'origine; peut-être sont-elles l'effet de la présence dans l'atmosphère terrestre du chlore, qui se manifestera de plus en plus selon la longueur du chemin parcouru par la lumière dans l'atmosphère.

Les deux raies 14α et 14γ s'unissent à des appendices nébuleux, qui viennent surgir à leurs côtés extérieurs.

D_I et D_{II} sont encore deux raies très fines, qui se développent de plus en plus.

Y_1 et Y_2 sont les limites d'une forte bande d'absorption, dont les deux cinquièmes les moins réfrangibles sont les plus obscurs.

Tout le bleu du spectre va enfin disparaître; la déviation d'une bande d'absorption, qui se développe entre 34 et 35, est restée indéterminée.

Mesure de la largeur des réseaux.

18. Après la mesure des déviations, c'est la détermination de la vraie largeur des réseaux, qui vient se présenter avec toutes ses difficultés. J'avais reçu de M. Dumoulin-Froment à Paris une petite bande de glace, sur laquelle étaient tracés trois centimètres divisés en millimètres; c'est une petite échelle comparée au mètre type et livrée comme très exacte à la température de 15° C. Le cabinet possède un excellent microscope de Powell et Lealand à Londres de l'an 1843, muni d'une vis micrométrique donnant par tour $\frac{1}{100}$ de pouce anglais. Après de longues et pénibles recherches trop souvent frustrées par des causes inaperçues et inattendues, après bien des désappointements, qui trop longtemps ont retardé la publication de ces résultats, je crois pouvoir donner la largeur avec le degré d'exactitude voulu. Je veux faire observer d'abord que toute méthode qui exige la comparaison des différents millimètres de l'échelle de Froment aux différents tours de la vis micrométrique et à leurs subdivisions, suivie d'une comparaison de la largeur des réseaux aux tours de cette même vis, est tout à fait *illusoire.* Car chaque petite variation dans l'inclinaison de la platine du microscope, ou plutôt du plan dans lequel la vis micrométrique est située, tout changement dans la mise au point du microscope, toutes les petites erreurs que l'on commet, en tâchant de rendre les traits de l'échelle et ceux des réseaux perpendiculaires à l'axe de la vis, viennent à chaque instant troubler l'exactitude, ou pour mieux dire, la cohérence de nos comparaisons.

Le grossissement de l'oculaire employé du microscope n'était pas fort,

cependant d'une assez grande force pour la largeur des traits de l'échelle. La vis micrométrique laisse dans son porte-objet une ouverture de 24 mill. pour le champ de vision, qui par son étendue facilitait la méthode que je vais indiquer; la platine du microscope, sur laquelle la vis micrométrique est fixée avec friction, porte deux vis qui donnent des mouvements rectangulaires; la vis micrométrique peut être mise parallèle à la direction de l'une de ces vis.

Je désirais de l'exactitude dans mes résultats sur la largeur des réseaux à $\frac{1}{1000}$ de mill. près, $\frac{1}{100}$ du tour de la vis micrométrique représentant $\frac{1}{10000}$ de pouce anglais, c'est-à-dire environ $\frac{1}{400}$ de millimètre; ajoutons à cela les petites erreurs possibles de la vis micrométrique et sa petite course qui n'était que d'un cinquième de pouce anglais, et nous serons à même de juger des difficultés à vaincre. Je devais chercher une méthode indépendante de toutes les erreurs et secousses irrégulières. J'étais dans la nécessité de me décider à une comparaison directe de l'échelle et du réseau.

19. J'ai tendu dans l'oculaire deux fils d'araignée ténus et perpendiculaires. J'ai réglé le tout de manière que l'axe de la vis fût perpendiculaire à l'un de ces fils, l'autre fil lui étant parallèle.

Alors j'ai posé la bande de glace divisée sur le porte-objet de la vis, les traits de la division tournés en haut; ensuite j'y ai superposé très soigneusement le réseau, les traits tournés en bas; de sorte que les deux divisions se trouvaient à très peu près dans le même plan. J'ai tâché de rendre, autant que possible, les traits de l'échelle et ceux du réseau parallèles à l'un des fils de l'oculaire (c'est-à-dire à celui de ces fils qui était perpendiculaire à l'axe de la vis micrométrique). La largeur du réseau tracé au diamant est d'environ 13.5 millimètres; c'est-à-dire que la partie rayée du réseau occupant ainsi à peu près 14 millimètres, il restait de part et d'autre à découvert environ un quart de millimètre; je voyais 14 mill. de l'échelle dont les lignes fines du réseau laissaient libre une fraction de chaque côté. C'est la somme de ces deux fractions, égale à peu près à $\frac{1}{2}$ millimètre, que j'ai entrepris de déterminer. Cette somme était d'environ 176 parties de la tête de la vis; ainsi elle n'équivalait pas tout à fait à deux tours; mes déterminations ne dépendaient donc que d'une petite partie de cette vis à la fois.

J'ai agi de la manière suivante: j'ai parcouru à l'aide de la vis micrométrique la distance entre le *premier* trait du réseau et le trait de l'échelle laissé à découvert, le plus près à partir de celui-ci; ensuite, à l'aide de la vis de la platine du microscope, qui était parallèle à la vis micrométrique, j'ai porté l'autre côté du réseau dans le champ

de vision; alors j'ai parcouru, encore à l'aide de la vis micrométrique, la distance entre le *dernier* trait du réseau et le trait suivant de l'échelle, en prenant soin de tourner toujours cette vis dans le même sens. La différence d'indication de la vis au commencement et à la fin de toute l'opération était la somme cherchée et m'indiquait combien de parties de la vis il manquait à la largeur du réseau pour donner 14 millimètres.

20. Mais, les traits de l'échelle et du réseau ne sont pas strictement parallèles. Fig. 6. Pl. II représente une position relative du réseau et de l'échelle des millimètres, dans laquelle j'ai exagéré à dessein l'inclinaison mutuelle. Eh bien! la longueur des traits de millimètre de l'échelle est d'environ 1125 parties de la tête de la vis, celle des traits de demi-centimètre est égale à 1575 et celle des traits de centimètre vaut 2025 de ces parties. Il faut déterminer l'angle formé par les traits du réseau et ceux de l'échelle; c'est l'autre vis de la platine perpendiculaire à la vis micrométrique, qui m'a aidé à cette détermination. En portant sucessivement dans le champ de vision les deux extrémités du trait découvert de l'échelle le plus adjacent aux traits du réseau, j'ai mesuré les distances des deux bouts de ce trait au trait limite du réseau, à l'aide de la vis micrométrique. La longueur du trait de l'échelle étant connue, une simple division de la différence de ces deux distances par cette longueur donnait l'angle d'inclinaison mutuelle des traits des deux lames superposées. J'ai calculé de combien de dix-millionnièmes il fallait, par suite de cette inclinaison, diminuer la valeur de la largeur totale du réseau, cette inclinaison faisant toujours trop grande la partie occupée par le réseau sur l'échelle des millimètres.

21. Il n'est pas permis de supposer que les traits de l'échelle divisée soient strictement perpendiculaires à la vis micrométrique; ainsi les résultats de diverses déterminations ne seraient pas comparables, puisque le surplus cherché est donné en parties de la vis micrométrique et devra varier suivant l'inclinaison de la vis sur la perpendiculaire aux traits de l'échelle. Laissons donc encore un instant intacte l'échelle avec le réseau superposé et mesurons, dans la même position, la valeur de quatre millimètres en parties de cette vis (dont la course ne permet pas de prendre un plus grand nombre de millimètres entiers); alors la valeur d'un seul millimètre qu'on obtiendra en divisant cette somme totale par quatre, sera sujette à la même erreur d'inclinaison que la valeur trouvée pour le dit surplus. Ce surplus est d'environ 176 parties, comme j'ai dit, et la valeur d'un millimètre est d'environ 394 parties. Or, la valeur de ce surplus divisée par cette valeur correspondante d'un seul millimètre donnera la fraction de millimètre qu'il faut retrancher

de 14 millimètres pour avoir la vraie valeur de la largeur du réseau, *indépendante de l'inclinaison de l'axe de la vis sur la perpendiculaire aux traits de l'échelle.* Diminuant alors cette valeur d'autant de dix-millionnièmes, qu'exige la correction dont j'ai traité dans l'art. précédent, on aura la largeur corrigée.

22. Mais rien ne nous prouve encore que la division de l'échelle elle même soit correcte; en supposant que la longueur de l'échelle soit de 3 centimètres, nous ne sommes pas certains que tous les millimètres soient égaux entre eux. C'est pour cela que j'ai voulu porter mes comparaisons du réseau et de l'échelle sur toutes les parties de celle-ci. La fig. 7 de la Planche II donne un coup d'oeil très clair des 32 déterminations que j'ai entreprises pour le réseau B; la longueur horizontale est l'échelle de 30 millimètres agrandie deux fois; les chiffres de la colonne verticale donnent les numéros d'ordre des comparaisons. La ligne entière correspondante à un certain chiffre de la verticale représente le réseau superposé dans toute sa largeur; les quatre millimètres indiqués par des points sont les millimètres qui sont mesurés ensemble dans cette même position et dont la somme divisée par 4 donne la valeur qu'on devra attribuer à un seul millimètre pour ce cas.

23. La seule inspection de cette figure cependant déjà nous dit que, dans le résultat final moyen, les millimètres du centimètre du milieu, du onzième au vingtième, figuraient avec un poids relativement trop grand et que par suite ce résultat ne satisferait pas à la condition d'exiger seulement l'exactitude des trois centimètres pris ensemble comme une partie définie du mètre type. Je voulais cependant que ce résultat final ne dépendît plus que d'une comparaison antérieure ou postérieure de la longueur totale de l'échelle au mètre type. J'ai donc entrepris la tâche un peu téméraire de déterminer avec mes moyens les valeurs relatives des différents millimètres et en particulier celles des trois centimètres successifs, que j'appelle A, B et C. Ce sont ces dernières valeurs des centimètres entiers, qui mériteront toujours beaucoup de confiance, puisqu'elles seront le résultat de l'addition des valeurs de dix millimètres successifs mesurés avec le plus grand soin, ce qui devra pour une grande partie éliminer de la somme les erreurs des déterminations séparées.

L'ouverture du porte-objet de la vis micrométrique me laissait libre un champ d'environ 24 mill.; c'est de cette valeur que dépend l'étendue de l'échelle, qui pouvait être mesurée, millimètre à millimètre, toute d'une fois sans changement de position. En faisant jouer la vis de la platine du microscope parallèlement à la vis micrométrique, je pouvais

porter successivement 23 millimètres dans le champ de vision, sans rien changer à la position de la lame et de la vis micrométrique, et je pouvais déterminer les valeurs relatives de ces millimètres. J'ai entrepris successivement six séries. Ces résultats sont réunis dans la Table II ci-jointe; les quatre séries avec les traits de la division tournés en bas sont I, II, III et IV; dans I et III j'ai commencé par le 23e millimètre de l'extrémité A ou C, en rétrogradant jusqu'au premier; dans II et IV, au contraire je commençai par le premier millimètre du côté A ou C en avançant jusqu'au 23e. Les deux séries avec les traits de la division tournés en haut et commencées du premier millimètre du côté A et du côté C je les appelle V et VI; les valeurs des trois millimètres excédants dans chaque cas, faisant partie d'un centimètre incomplet, n'entreront pas dans les résultats définitifs et ne seront pas admis dans le calcul. Elles ne figurent ici que comme un contrôle, que l'on pourrait utiliser.

24. Chaque détermination d'un millimètre est le résultat de deux entrées simples, que j'ai exécutées en prenant successivement l'un et l'autre bord des traits de l'échelle pour points de repère; car la largeur de ces traits montait jusqu'à 12 parties de la tête de la vis micrométrique, ce qui fit que l'on devait se référer à l'un et à l'autre de leurs bords pour que le résultat moyen valût pour leurs points de milieu. En outre j'ai répété deux fois chaque série; ainsi les nombres enregistrés sont en réalité déjà les moyennes de quatre autres, ce qui donnera plus de confiance dans leur exactitude. Tous sont la valeur du millimètre nommé dans la première verticale, exprimée en centièmes parties d'un tour de la vis; les mesures sont portées sur les différentes parties d'un tour et sur les différents tours.

En prenant les moyennes des valeurs contenues dans cette Table, pour un même millimètre, — négligeant toujours les trois millimètres excédants, desquels le centimètre ne pouvait pas être complété —, on trouve dans la 8e colonne M une suite de valeurs relatives des millimètres, qui sont comparables tant qu'on ne passe pas d'un centimètre à un autre. Les millimètres des centimètres A et C ne sont déterminés que par trois séries, tandis que ceux du centimètre B reposent sur six séries; ainsi les valeurs relatives de ces dix millimètres du milieu sont beaucoup mieux déterminées que celles des vingt autres.

On trouve dans chaque série à la fin de chaque centimètre complet la somme de ses dix millimètres; ces sommes ne sont comparables qu'autant qu'elles se rapportent à une même série, parce que l'inclinaison des traits sur l'axe de la vis peut avoir varié de série en série. Les différences B — A et B — C, qu'on trouve en bas, sont les différences des

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	M.	M¹.
A 1	394,74	395,12			395,19		395,02	394,98
2	4,66	4,76			4,16		4,53	4,49
3	3,94	3,68			4,47		4,03	3,99
4	4,63	4,11			4,41		4,38	4,34
5	5,12	4,87			3,91		4,63	4,59
6	4,02	3,80			4,64		4,15	4,11
7	4,32	4,55			4,32		4,40	4,36
8	4,34	3,83	395,07	395,50	4,64	394,66	4,27	4,23
9	4,44	4,50	4,27	4,27	4,48	3,31	4,47	4,43
10	4,02	3,81	3,57	4,36	3,44	3,16	3,76	3,72
Somme	3944,23	3943,03	—	—	3943,66	—	3943,64	
B 11	4,27	4,01	4,08	2,95	4,17	4,23	3,95	3,95
12	4,02	3,52	3,65	4,61	3,34	3,90	3,84	3,84
13	3,91	4,27	3,96	4,26	4,06	3,89	4,06	4,06
14	4,18	3,95	3,87	3,75	3,62	3,37	3,79	3,79
15	4,21	3,78	3,76	4,49	3,48	3,35	3,84	3,84
16	2,87	3,98	3,79	3,32	4,19	3,23	3,56	3,56
17	4,51	3,90	3,50	3,74	3,35	3,92	3,82	3,82
18	3,76	3,78	3,47	3,99	3,22	4,14	3,73	3,73
19	3,35	4,61	3,29	3,97	3,77	3,17	3,69	3,69
20	4,67	3,94	3,95	3,38	2,62	3,98	3,76	3,76
Somme	3939,75	3939,74	3937,32	3938,46	3935,82	3937,18	3938,04	
C 21	4,69	4,64	3,78	4,66	2,94	3,65	4,03	4,07
22	3,25	3,93	3,77	3,66	3,58	3,61	3,68	3,72
23	3,61	3,56	3,09	2,73	3,08	3,20	3,01	3,05
24			4,28	4,75		4,66	4,56	4,60
25			4,45	4,09		2,76	3,77	3,81
26			3,42	3,90		2,35	3,22	3,26
27			3,85	4,12		4,46	4,14	4,18
28			3,65	3,43		3,39	3,49	3,53
29			4,18	4,87		3,69	4,25	4,29
30			4,02	4,04		4,28	4,11	4,15
Somme			3938,49	3940,25		3936,05	3938,26	
Somme totale								11819,94
$\frac{14}{30}$								5515,97
	B — A = — 4,48	B — A = — 3,29	B — C = — 1,17	B — C = — 1,17	B — A = — 7,84	B — C = + 1,13		
	B — A = — 4,48		B — C = — 1,17					
		— 3,29		— 1,79				
		— 7,84		+ 1,13				
Moyenne.	B — A = — 5,20		B — C = — 0,61		....	....	....	394,00

deux sus-dits centimètres enregistrés dans la verticale, sous laquelle elles se trouvent inscrites, et méritent assez de confiance. Il ressort très bien de ces différences p. e. que le centimètre B est décidément plus petit que A et qu'il est même le plus petit de tous les trois, ce que j'avais déjà soupçonné d'après les résultats obtenus pour la largeur des réseaux.

J'ai pris les moyennes des trois résultats pour B — A, c'est-à-dire — 5,20 et des trois résultats pour B — C, c'est-à-dire — 0,61. Avec ces nombres j'ai construit la colonne définitive M^1 de la Table; je l'ai obtenue en diminuant chaque valeur de millimètre du centimètre A de la colonne M de 0,04, de sorte que la différence entre les centimètres entiers A et B de cette colonne M^1 est dûment 5,20; j'ai augmenté toutes les valeurs des millimètres du centimètre C de la colonne M de 0,04, de sorte que la somme totale de ce centimètre C dans la colonne M^1 forme avec la somme du centimètre B une différence totale de 0,61. La colonne M^1 donne maintenant les valeurs définitives les plus probables des différents millimètres exprimées dans une même unité, qui ne peut différer que très peu d'un centième du tour moyen de la vis micrométrique. La moyenne de cette colonne est 394,00.

25. Reprenons maintenant nos mesures des réseaux. La Table suivante III, en donne les résultats.

Dans cette confrontation aussi des réseaux et de l'échelle j'ai dû me référer tour à tour aux deux bords des traits de l'échelle de FROMENT; chaque détermination est donc déjà par cela même une moyenne de deux. Mais quoique le contact des deux lames superposées (de l'échelle et du réseau) fût déjà si intime, que je pouvais apercevoir très souvent les anneaux de NEWTON formés par la mince couche d'air qui restait entre elles, j'ai voulu me mettre à l'abri de plusieurs erreurs possibles qu'on pourrait facilement énumérer. J'ai repris toutes mes comparaisons en tournant l'ordre des lames, c'est-à-dire en mettant le réseau en bas, sa face rayée en haut, et en y superposant l'échelle avec sa face rayée en bas. J'ai pris la moyenne de ces résultats les uns réseau en bas et les autres échelle en bas; ainsi chaque valeur dans la Table repose ici de nouveau sur quatre déterminations séparées.

La première colonne de cette Table donne les numéros d'ordre des 32 déterminations possibles exposées dans la Fig. 7. La seconde colonne E donne la somme des quatorze millimètres prise de la colonne M^1 de la Table précédente, sur lesquels s'étendait la largeur du réseau dans ses différentes positions, comme il est montré dans la Fig. 7. Ainsi le chiffre 5518,88 qui se trouve à côté du numéro d'ordre 1, p. e., est la somme des quatorze premiers millimètres du côté A, sur lesquels s'étendait

alors le réseau. La colonne suivante F donne la différence de cette somme et de 14 fois 394,00, ou mieux de 5515,97, c'est-à-dire de $\frac{14}{30}$ de la somme de la colonne M¹; cette différence est la valeur de la correction dont nous aurons bientôt besoin.

Suivent cinq colonnes sous la dénomination générale: réseau B; la première Y donne en centièmes de la tête de la vis la somme trouvée pour les quatre millimètres, mesurés dans chaque position relative du réseau et de l'échelle, qui sont indiqués par des points dans la Fig 7. La colonne suivante *a* donne les dix-millionnièmes dont il faudra diminuer (voyez art. 20.) le résultat qu'on obtiendra pour la largeur totale du réseau, à cause de l'inclinaison trouvée des traits de celui-ci sur les traits de l'échelle. La colonne suivante S donne, en parties de la vis, le surplus trouvé des 14 millimètres sur la largeur du réseau. La suivante φ donne ensuite ce même surplus corrigé pour la trop grande ou la trop petite valeur des 14 millimètres employés, conformément à ce que nous en apprend la troisième colonne F de la Table.

En bas de la colonne Y on trouve la somme totale des résultats pour les quatre millimètres mesurés dans les diverses positions; mais, comme cela se voit facilement par la Fig. 7, les 30 millimètres de l'échelle n'entrent pas tous un nombre de fois égal dans cette somme finale. Presque tous entrent quatre fois, le 13e cependant entre 7 fois, le 14e entre 5 fois, le 17e aussi 5 fois et le 18e de nouveau 7 fois. La colonne M¹ de la Table II nous met à même de corriger cette erreur; je prends 3 fois le surplus du treizième millimètre sur la moyenne 394,00, une fois celui du quatorzième, une fois celui du dix-septième et enfin trois fois celui du dix-huitième; je diminue la somme totale 50461,97 de la somme — 1,02 de ces différents surplus, c'est-à-dire je l'augmente de 1,02.

$$\begin{aligned} 3 \times + 0{,}06 &= + 0{,}18 \\ 1 \times - 0{,}21 &= - 0{,}21 \\ 1 \times - 0{,}18 &= - 0{,}18 \\ 3 \times + 0{,}27 &= - 0{,}81 \\ \hline &\quad - 1{,}02 \end{aligned}$$

La somme totale 50462,99 est corrigée maintenant de telle manière, qu'elle contient tous les millimètres avec un poids égal; en la divisant par 128, je trouve 394,24 comme valeur moyenne d'un millimètre pour toutes les mesures de ce réseau B, valeur erronée dans le dégré correspondant à la moyenne des diverses inclinaisons des traits de l'échelle sur la perpendiculaire à l'axe de la vis micrométrique.

(Vis à vis pag 26).

	E	F
1	5518,88	— 2,
2	7,74	1,
2		1,
3	6,81	0,
4	6,64	0,
5	6,03	0,
6	5,13	+ 0,
7	4,78	1,
8	4,49	1,
9	3,98	1,
10	2,60	3,
11	3,48	2,
12	3,34	2,
13	2,76	3,
14	2,88	3,
15	2,62	3,
16	3,07	2,
17	7,74	— 1,
18	6,81	0,
19	6,64	0,
20	6,03	0,
21	5,13	+ 0,
22	4,78	1,
23	4,49	1,
24	3,98	1,
25	2,60	3,
26	3,48	2,
27	3,34	2,
28	2,76	3,
29	2,88	3,
30	2,62	3,
31	3,07	2,
31		2,
32	3,66	2,
Somme		
Corr.		
$\frac{1}{128}$		
Moyenne		
Corr.		

Pour abréger les calculs je ne me suis pas occupé des corrections de ces quatre millimètres pour toutes les déterminations à part. Cette moyenne 394,24 est le nombre, par lequel je diviserai tous les nombres de la colonne φ pour avoir les parties de millimètre, qu'il faut retrancher partout de 14 mill. afin d'obtenir la valeur vraie de la largeur du réseau. Si j'avais désiré pour chaque nombre de la colonne φ son diviseur spécial, j'aurais dû réduire le nombre correspondant, — la valeur de 4 millimètres de la colonne Y — sur le millimètre moyen, à l'aide de la colonne M^1 de la Table II; la division du nombre de la colonne φ par la quatrième partie de cette valeur réduite ainsi donnerait, pour chaque détermination spéciale, la partie de millimètre à retrancher. Mais la moyenne générale de tous les résultats ne serait changée aucunement par cette complication du calcul.

La moyenne de la 2e colonne pour B est de 14 dix-millionnièmes.

La dernière colonne B donne les 32 résultats pour la largeur du réseau B, obtenus en divisant les nombres de la colonne φ respectivement par le diviseur commun 394,24 et en retranchant le quotient de 14 millimètres.

La moyenne des 8 résultats premiers de cette colonne

	est:	$13^{mm},54879$
la moyenne du	9e .... au 16e	: $13^{mm},55070$
du	17e .... au 24e	: $13^{mm},55190$
du	25e .... au 32e	: $13^{mm},55370$.

On trouve la moyenne générale $= 13,55127 \pm 0,00056$ millim., laquelle, diminuée de 14 dix-millionnièmes de sa valeur $= 0^{mm},00019$, donne $13^{mm},55108 \pm 0,00056$ pour valeur définitive de la largeur cherchée.

26. Pour le réseau C la Table contient les mêmes colonnes.

Je n'ai pas fait les comparaisons 16 et 17 pour ce réseau; 2 et 31 entrent chacune une deuxième fois en leur place. La correction à faire au chiffre 50510,96 est changée aussi par cette modification. Tous les 30 millimètres de l'échelle entrent de nouveau quatre fois dans la somme totale excepté 1 et 32, qui n'entrent que 3 fois, 12, 14, 17 et 19, qui figurent 5 fois et 13 et 18, qui y paraissent 7 fois. La correction à appliquer au chiffre résultant, conformément aux données de la colonne M^1 de la Table II, est $+ 2,62$. La valeur moyenne du millimètre, c'est-à-dire le commun diviseur cherché, influencée qu'elle est par les inclinaisons des traits de l'échelle sur la perpendiculaire à l'axe de la vis dans les diverses comparaisons, est ici de 394,64.

Les résultats définitifs se trouvent dans la dernière colonne C. La moyenne

du	premier	au	8e est	$= 13^{mm},55152$
du	9^e	au	16^e	$= 13^{mm},55472$
du	17^e	au	24^e	$= 13^{mm},55278$
du	25^e	au	32^e	$= 13^{mm},55432$;

résultats se rapprochants plus entre eux que dans le réseau B. Le résultat général final corrigé est $13^{mm},55315 \pm 0,00042$. De nouveau, comme à l'instant 0,00056, ici 0,00042 est l'erreur moyenne calculée d'après la méthode des moindres carrés.

Détermination des longueurs d'onde.

27. Suivant une information spéciale postérieure M. NOBERT juge la largeur du réseau A très probablement égale à 9,0155 lignes de Paris.

Le réseau B a suivant nos mesures une largeur de $13,55108 \pm 0,00056$ mill. Et le réseau C a une largeur de $13,55315 \pm 0,00042$ mill.

Ces deux valeurs sont exactes, *en supposant seulement que la longueur de toute l'échelle soit réellement* 3 *centimètres, indépendamment des erreurs dans les centimètres et millimètres successifs. Eh bien!* M. DUMOULIN-FROMENT *nous assure que l'échelle est comparée au mètre type et qu'elle est très-exacte à la température de* 15° *C. Il nous reste toujours la faculté de comparer l'échelle à quelque mètre type, puisqu'elle sera conservée dans le Musée. Le réseau et l'échelle étant tous deux en verre de glace leurs coëfficients de dilatation ne s'éloigneront pas beaucoup; ainsi mes comparaisons sont indépendantes de la température et les valeurs données pour les largeurs des réseaux demeurent pour* 15° *C.*

Je me servirai donc des valeurs de ces réseaux B et C pour calculer les valeurs absolues des longueurs d'onde.

Quant au réseau A: avec les données de l'Annuaire du Bureau des Longitudes, dans lequel je trouve $1000^{mm} = 443,296$ lignes de Paris, sa largeur est égale à $20^{mm},3374$.

Je n'osais exposer la pellicule d'argent déposé à la friction, qui pourrait avoir lieu en la mettant en contact avec l'échelle; voilà pourquoi je n'ai pas déterminé cette largeur moi-même.

En divisant la valeur $20^{mm},3374$ par 1800 on trouve:

pour la largeur d'une seule fente de A, y compris sa partie opaque $0^{mm},01129853$, dont le log. $= \bar{2},053022$.

comme si elles étaient trouvées par les réseaux B et C; on les trouve

$0^{mm},01129853$, dont le log. $= \bar{1},053022$.

En divisant les largeurs trouvées des réseaux B et C par 1800 et 3000 on trouve:

pour la largeur d'une seule fente de B : $0^{mm},00752837$, dont le log. $= 0,876701$

et pour la largeur d'une seule fente de C : $0^{mm},00451772$, dont le log. $= 0,654919$.

Les logarithmes sont pris avec la caractéristique nécessaire, pour qu'on obtienne, en les ajoutant aux logarithmes des sinus de la déviation des Tables antérieurs, les valeurs des longueurs d'onde en dixmillionnièmes du millimètre.

28. Les résultats de cette multiplication sont contenus dans la Table IV ci-jointe.

La première colonne donne les numéros des raies; la deuxième les résultats pour le réseau A, la troisième les résultats pour le réseau B; la quatrième ceux pour le réseau C. Les chiffres superflus sont supprimés dans ces trois colonnes pour faciliter sa tâche au compositeur. Le calcul pour les réseaux B et C nous montrait que la différence moyenne des valeurs pour une même raie déduites de ces deux réseaux était de 0,6, différence qu'on pourrait être tenté de mettre, pour une grande partie, sur le compte des erreurs moyennes $\pm 0,00056$ et $\pm 0,00042$ dans les largeurs mesurées des réseaux, en les prenant avec des signes opposés. Car $\frac{0,00098}{13,55212} = \frac{1}{13829}$ et $\frac{5570}{13829} = 0,40$, où 5570 est une valeur moyenne des longueurs d'onde.

Quoi qu'il en soit, pour le cas où je n'avais déterminé quelque longueur d'onde que par un seul réseau, je me suis servi de cette différence 0,6 pour la correction. En prenant dans la colonne M de cette Table les moyennes des réseaux B et C, j'avais quelques raies pour lesquelles la détermination par un de ces réseaux manquait; pour constituer la valeur moyenne, à inscrire dans la colonne M, j'ai ajouté alors 0,3 à la seule valeur donnée ou j'en ai retranché 0,3 selon qu'elle provenait du réseau B ou du réseau C. En outre les quatre premières valeurs manquaient totalement pour ces deux réseaux ainsi que 22β; et les deux dernières 51α et 51β étaient assez incertaines. J'ai donc calculé la valeur moyenne de la proportion des valeurs moyennes des longueurs d'onde trouvées dans la colonne M et des longueurs correspondantes obtenues par le réseau A. Le résultat fut 0,99935. J'ai diminué les valeurs pour les longueurs des quatre premières du reseau A dans cette proportion et j'ai pris ces valeurs comme valeurs réelles pour ces raies, comme si elles étaient trouvées par les réseaux B et C; on les trouve

inscrites dans la colonne M. J'ai fait de même pour 22β. Les valeurs, trouvées de cette même manière pour 51α et 51β des résultats obtenus à l'aide du réseau A, sont combinées avec les valeurs obtenues par les réseaux B et C, en faisant la somme de toutes les trois et en prenant la troisième partie de la somme. Ces moyennes sont inscrites dans la colonne M comme valeurs définitives de 51α et 51β.

Par ces calculs s'est formée la colonne complète M des moyennes, résultat final ainsi de toutes mes opérations, dans laquelle j'ai cru bon de donner le nombre total des observations sur lesquelles repose chaque valeur pour une longueur d'onde.

Les longueurs d'onde calculées du réseau A, qui n'entrent pas pour beaucoup dans ce résultat final et dont l'utilisation est ainsi bien limitée, peuvent avoir leur utilité pour des recherches postérieures et verront leurs droits pleinement reconnus dans ce résultat final aussi-tôt que j'aurai su déterminer la largeur du réseau par quelque comparaison directe. Alors on verra que le temps que j'y ai mis et le travail qu'elles m'ont coûté ne sont point perdus.

La méthode des moindres carrés donne une erreur moyenne dans les largeurs des réseaux B et C de $\frac{1}{2000}$ de mill. donc $\frac{1}{27100}$ de la valeur de ces réseaux. Je ne sais pas si mes résultats ont réellement cette grande perfection; je ne veux pas même y prétendre. L'erreur, qui en résulterait dans mes longueurs d'onde se réduirait à 0,2. Ce 0,2 dix-millionnièmes du millimètre serait donc la limite de l'exactitude à laquelle je suis arrivé.

Critique.

29. Il nous reste la critique. Evidemment celle-ci ne peut s'étendre qu'à la recherche de la solidarité des valeurs trouvées pour les diverses raies. CAUCHY [1]), CHRISTOFFEL [2]) et BRIOT [3]) ont donné des formules pour la dispersion. Il est bien vrai, qu'en jugeant nos longueurs par ces formules, nous donnerons en même temps la critique et de ces longueurs et de ces formules.

J'avais à ma disposition un beau prisme de STEINHEIL, dont j'ai fait déjà mention plus haut. L'angle réfringent en est de 45° 1′ 35″. A la position du minimum, la déviation G de la raie 1α est égale à 30° 56′ 46″,0; pour D_{γ}^{α} elle est égale à 31° 29′ 16″,5; pour 51α elle est égale à 33° 18′ 37″,5; ce qui donne $G_H - G_A = 2° 21′ 51″,5$.

[1]) Mémoire sur la dispersion, Prague 1836.

[2]) Annales de chimie, T. LXIV, p. 370. 1862.

[3]) Essais sur la théorie mathématique de la lumière, p. 95. 1864.

Les déviations changent avec la température de l'atmosphère. Ce changement se manifeste par un accroissement quand la température s'élève. Des expériences m'ont fait trouver que cet accroissement est de 0",72 par degré centigrade.

J'ai deux fois mesuré la déviation minima pour 40 raies, en prenant la moyenne des résultats; en outre j'ai fait quelques observations de plus pour trouver cette valeur 0',72 de l'accroissement par degré. Evidemment cet accroissement dans les indices de réfraction ne peut pas être comparé aux températures du prisme lui même, qui me sont inconnues; mais elle a quelque interêt puisqu'elle donne dans ces indices de réfraction un changement, qui, quoique beaucoup plus grand, tombe cependant dans le même sens que celui trouvé par M. FIZEAU [1]). A l'aide de cette valeur 0",72 j'ai porté tous mes angles mesurés sur la même température 18°,5 et j'en ai calculé pour les diverses raies les valeurs des indices de réfraction, contenues dans la colonne n de la Table V ci-jointe.

Dans la colonne λ j'ai joint à ces nombres pour la réfraction, les valeurs pour les longueurs d'onde extraites de la Table précédente. $D{\alpha \atop \gamma}$ ou $14{\alpha \atop \gamma}$ signifie que j'ai pris la moyenne des longueurs de $D\alpha$ et $D\gamma$ ou de 14α et 14γ pour le point correspondant à l'indice enregistré. 14α et 14γ étaient assez bien séparées par le prisme, pour que je pusse les prendre chacune à part; mais je ne jugeais pas ces observations assez certaines, ainsi j'en ai pris la moyenne.

30. Des formules de CAUCHY on obtient celle-ci:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

dans laquelle A, B et C sont des constantes à déterminer.

M. MASCART a ajouté un quatrième terme; on aura:

$$n = D + \frac{E}{\lambda^2} + \frac{F}{\lambda^4} + G.\,\lambda^2$$

avec les constantes D, E, F et G.

M. CHRISTOFFEL a donné une autre formule théorique, que M. BRIOT a extraite, après quelques déductions, de sa théorie de la dispersion; la voici:

$$n = \frac{2.\,N}{\sqrt{1 + \frac{L}{\lambda}} + \sqrt{1 - \frac{L}{\lambda}}}$$

à deux constantes N et L seulement.

[1]) POGGENDORFF's Annalen, T. CXIX, p. 87 et 297. 1863.

Par la méthode des moindres carrés, j'ai déterminé les valeurs les plus probables des constantes de ces trois formules à l'aide de tous les résultats obtenus (à l'exception de la raie 47, qui se montrait bientôt trop fautive, probablement par suite d'une méprise dans les observations pour les indices de réfraction) en donnant à tous les résultats le même poids. J'ai obtenu:

CAUCHY I:

$$n = 1{,}594557 + \frac{719100}{\lambda^2} + \frac{237(10^{10})}{\lambda^4}$$

CAUCHY II:

$$n = 1{,}594314 + \frac{724200}{\lambda^2} + \frac{234(10^{10})}{\lambda^4} + \frac{352}{10^{14}}\lambda^2$$

CHRISTOFFEL et BRIOT:

$$n = \frac{2.\ 1{,}593544}{\sqrt{1+\frac{1981{,}7}{\lambda}} + \sqrt{1-\frac{1981{,}7}{\lambda}}}$$

La Table donne la comparaison des formules aux observations; les colonnes successives C_I, C_{II} et B contiennent pour ces formules les différences *calc.—obs.*, calcul moins observation, pour les valeurs des indices de réfraction. En bas on trouve la somme des carrés des erreurs restantes.

31. La marche plus ou moins régulière des différences entre le calcul et l'observation donne le critérium des résultats enregistrés. La somme de ces carrés est la seule critique pour les formules. Toutes les trois colonnes nous indiquent à la première inspection que la valeur de 47 est fautive. La somme des carrés rejette la formule de CHRISTOFFEL et BRIOT comme la moins concordante. Même la somme des carrés de C_{II} est un peu plus grande que celle de C_I; donc il n'y a aucune raison de substituer la première à la seconde.

Il nous reste donc sans aucune modification la formule primitive de CAUCHY comme la plus exacte, et mes observations ne donnent aucune raison valable pour en chercher une autre. Cette formule coupe trois fois la courbe des observations, tandis que la formule de CHRISTOFFEL et BRIOT ne la coupe que deux fois.

Abstraction faite de toute théorie, nous pourrons nous former une opinion sur telle formule donnée pour représenter une suite de phénomènes ou plutôt une suite de valeurs. A ce point de vue une formule à trois constantes comme C_I nous conduira probablement à une plus grande harmonie qu'une formule à deux constantes comme B; tandis que l'addition d'une quatrième constante, comme dans C_{II}, pourra très

		λ.	*n.*	C_I.	C_{II}.	B.
				calc. — obs.		
1*α*	A	7633,6	1,60756	+ 8	+ 8	— 18
3*α*	*a*	7189,7	1,60926	14	12	2
4*α*	B	6874,8	1,61079	8	6	6
5	C	6565,6	1,61252	2	0	6
8*α*	$\overline{\overline{D}}$	6281,1	1,61436	— 4	— 5	7
11		6139,6	1,31537	5	6	6
12		6105,9	1,61560	2	4	0

que l'addition d'une quatrième constante, comme dans C_{II}, pourra très

bien n'avoir aucune influence sur l'exactitude, entre les limites données dans lesquelles les résultats de l'observation sont confinés.

C'est surtout une exactitude plus grande des valeurs de λ aux limites du spectre visible et une extension de ce spectre dans les parties encore plus obscures, dont la recherche sera la tâche à laquelle je me livrerai cet été, ayant maintenant à ma disposition un réseau encore plus parfait de NOBERT. Je ne suis pas photographe; je ne sais pas si je réussirai un jour à étendre mes recherches dans les régions invisibles de M. STOKES.

Viennent ensuite des recherches plus détaillées sur la dispersion, qui forment un désidératum de la théorie, dont celles des indices de réfraction de l'eau, de mélanges d'eau et d'acide sulphurique et du prisme traité ci-dessus ne sont qu'un premier commencement.

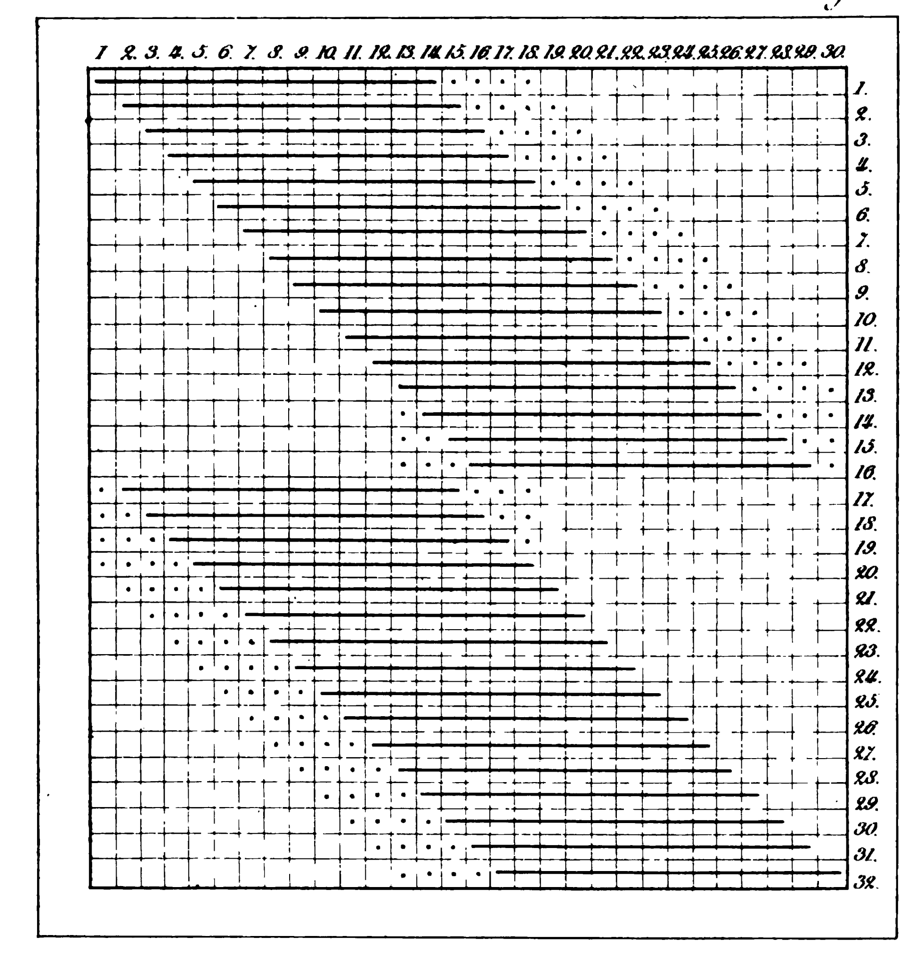
Je suis déjà en possession de prismes de M. MERZ et de M. STEINHEIL à Munich; j'attends encore d'autres exemplaires. Aussitôt que j'aurai fini mes mesures des longueurs d'onde désirées, je m'occuperai de ces recherches.

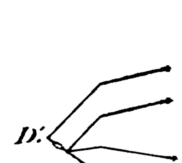
32. Je n'ai plus rien à ajouter. J'ai souvent l'habitude de donner dans mes Tables calculées et dans mes formules plus de décimales, que n'en exige le degré d'exactitude des observations mêmes; dans ce Mémoire aussi l'on trouvera peut-être ce défaut; j'espère qu'on ne me fera pas un crime de ce scrupule. Je laisse à d'autres la critique plus approfondie des matériaux que j'ai fournis. Pour y venir en aide je ferai observer encore, que 2′ sur le cercle divisé (c'est la limite de l'indication des vis micrométriques) donnent 0,7 dans les longueurs d'onde déduites des résultats pour le premier spectre du réseau B, et 0,4 dans celles du réseau C, donc en moyenne 0,6 dix-millionnièmes du millimètre; et ces 2″ donnent 0,00001 dans les valeurs des indices de réfraction.

Lecteur, si un autre Mémoire de moi dans ces Archives se fait attendre un peu, faites moi l'honneur de penser que je travaille à accumuler des données et à déterminer des constantes, qui devront faire honneur à l'institution Teylerienne, à la gloire de laquelle j'ai voué mon temps.

HARLEM, 15 Mai 1866.

Fig. 7.





Lith. Emrik & Binger.

PREMIER SUPPLEMENT

AU

CATALOGUE

DE LA

BIBLIOTHÈQUE.

PAR

D. LUBACH,
Bibliothécaire.

Je donne içi un premier supplément au catalogue de la bibliothèque du Musée Teyler, publié en Février 1865.

Dans ce catalogue on trouve un „Appendice", qui contient quelques livres que j'avais omis de noter à leur place, et beaucoup d'autres dont l'acquisition a été faite après l'impression des pages où leurs titres auraient dû paraître. On retrouve ces livres dans le présent supplément, mais dans l'ordre et avec les numéros qui leur sont donnés définitivement.

Viennent ensuite les livres nouvellement acquis depuis le mois de Février 1865 jusqu'à présent.

Aussitôt que le nombre des acquisitions ultérieures semblera l'exiger, je me propose de publier un second supplément, et ainsi de suite jusqu'au moment où une nouvelle édition du catalogue sera devenue nécessaire.

Juin 1866.

PARS PRIMA.

ANATOMIA PHYSIOLOGIA, ETC. Pag. 1 du Catalogue.

4*a*. A. VON HALLER, Elementa physiologiae. Laus. 1757 — 1766, 8 vol. 4°. Auctarium ad elementa phys. Ibid. 1782. 4°.
55*a*. K. E. VON BAER, Vorlesungen über Anthropologie. Königsb. 1824. 8°. und Atlas in 4°.
91*a*. W. und E. WEBER, Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge. Gött. 1836. 8°.
138*a*. A. ECKER, Icones physiologicae. Lips. 1855 — 1859. fol.
147*a*. R. OWEN, Principes d'ostéologie comparée. Paris 1855. 8°.
160*a*. J. V. CARUS, Icones zootomicae. Lips. 1857. fol.
166*a*. W. WUNDT, Die Lehre von den Muskelbewegungen. Braunschw. 1858. 8°.
166*b*. M. CLAUDIUS, Physiologische Bemerkungen über das Gehörorgan der Cetaceën und das Labyrinth der Säugethiere. Kiel 1858. 8°.
168*a*. E. GROUX, Fissura sterni congenita etc. Hamb. 1859. 4°.
178. E. BERTRAM, De la conformation osseuse de la tête chez l'homme et chez les vertébrés. Par. 1862. 8°.
179. F. LEYDIG, Das Auge der Gliederthiere. Tüb. 1864. 8°.
180. C. RITTER, Die Structur der Retina, dargestellt nach Untersuchungen über das Wallfischäuge. Leipz. 1864. 8°.
181. A. KÖLLIKER, Icones histiologicae. Leipz. 1864 etc. 4°.
182. WILH. MÜLLER, Ueber den feineren Bau der Milz. Leipz. und Heidelb. 1865. 4°.
183. B. STILLING, Untersuchungen über den Bau des kleineren Gehirns des Menschen. Cassel 1865. 4°. und Atlas in fol.
184. F. E. SCHULZE, Musculus transversus nnchae. Rostock 1865. 4°.
185. J. L. DUSSEAU, Musée Vrolik. Amsterdam 1865. 8°.

HISTORIA EVOLUTIONIS, ETC. Pag. 11.

55. F. J. BIRNBAUM, Untersuchungen über den Bau der Eihäute bei Säugethiere. Berlin 1863. 8°.

PARS SECUNDA.

LIBRI DE HISTORIA NATURALI.

Sectio I.

Libri de hist. nat. universa. Pag. 15.

1*a*. Note overo memorie del Museo Moscardo. Padoa 1656. fol.

14*a*. J. F. Blumenbach, Abbildungen naturhistorischer Gegenstände. Gött. 1796 — 1805. 8°.

14*b*. ———————— Beyträge zur Naturgeschichte. Gött. 1806 — 1811, 2 Th. 1 Bd. 8°.

14*c*. C. Linnaei, Epistolae ineditae. Gron. 1830. 8°.

14*d*. Bischoff, Blum, Bronn, von Leonhard, Leuckart und Voigt, Naturgeschichte der drei Reiche. Stuttg. 1835 — 41. 21 Th. 8°.

14*e*. J. B. Friederich, Die Symbolik und Mythologie der Natur. Würzb. 1859. 8°.

14*f*. Ch. Darwin, On the origin of species. Lond. 1860. 8°.

14*g*. W. Hopkins, Over natuurkundige theoriën en bepaaldelijk over Darwins theorie. Haarl. 1860. 8°.

35*a*. Giraud-Soulavie, Histoire naturelle de la France méridionale. Paris 1780. 7 tom. 8°.

36*a*. Recherches pour servir à l'histoire naturelle du litoral de la France. Paris 1832. 2 tom. 8°.

37*a*. Verhandelingen over de natuurlijke geschiedenis der Nederlandsche overzeesche bezittingen. Leid. 1839 — 1844. 4 dln. fol.

37*b*. L. Agassiz, Contributions to the natural history of the United States of America. Boston 1857 etc. 5 fol. 4°.

39. Muséum d'histoire naturelle des Pays-Bas. Leide 1862 etc. 8°.

40. R. Hartmann, Naturgeschichtlich-medizinische Skizze der Nilländer. Berlin 1865. 8°.

41. C. Nägeli, Entstehung und Begriff der Naturhistorischen Art. München 1865. 4°.

Sectio II.

LIBRI ZOOLOGICI.

A. Libri de zoologia universa, etc. Pag. 18.

15*a*. De Lamarck, Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Paris 1815 etc. 5 vol. 8°.
17*a*. S. Delle Chiaje, Memorie sulla storia et notomia degli animali senza vertebre del regno di Napoli. Napoli 1823 etc. 3 vol. 4°. Atlas in fol.
17*b*. J. B. de Spix et C. F. Ph. de Martius, Delectus animalium articulatorum quae in itinere per Brasiliam collegerunt. Monach. 1830 — 1834. 4°.
33*a*. G. Cuvier, Le règne animal distribué d'après son organisation. Edition par une réunion de disciples de Cuvier. Paris 1839 — 1851. 20 vol. 8°.
44*a*. C. J. Temminck, Esquisse zoologique sur la côte de la Guinée. Leide, 1853. 8°.
47*a*. H. O. Lenz, Zoologie der alten Griechen und Römer. Gotha 1856. 8°.
49*a*. L. Sonnenburg, Zoologisch-kritische Bemerkungen zu Aristoteles Thiergeschichte. Bonn 1857. 8°.
52*a*. W. Keferstein, Untersuchungen über niedere Seethiere. Leipz. 1862. 8°.
52*b*. P. Harting, Leerboek van de grondbeginselen der dierkunde. Tiel, 1862 etc. 8°.
54. H. A. Meyer und K. Möbius, Fauna der Kieler Bucht. Leipz. 1865. 4°.
55. E. L. Taschenberg, Naturgeschichte der wirbellosen Thiere, die in Deutschland u. s. w. den Culturpflanzen schädlich werden. Leipz. 1865. 8°.
56. Alb. C. L. G. Günther, The Record of zoological Literature. London 1865, 8°.
57. J. G. Wood, Homes without hands. Lond. 1865. 8°.

B. Animalia vertebrata.

1. HOMO. Pag. 21.

COURT DE GÉBELIN, Le monde primitif. Par. 1773—1787. 9 vol. 4°.

P. S. PALLAS, Sammlungen historischer Nachrichte über die Mongolische Volkerschaften.

P. CAMPER, Verhandeling over het natuurlijk verschil der wezenstrekken in menschen van onderscheiden landaard en ouderdom. Utrecht 1791. 4°.

2*a*. C, MEINERS, Untersuchungen über die Verschiedenheiten der Menschennaturen in Asiën u. s. w. Tüb. 1811. 3 Th. 8°.

4*a*. G. VROLIK, Schreiben an Dr. M. J. Weber über dessen Lehre von die Ur- und Racenformen der Schädel und Becken der Menschen. Amst. 1830. 4°.

4*b*. Opuscula ethnologica 7 vol. 8°. (Collection de mémoires et de brochures ethnologiques.)

4*c*. Opuscula cranioscopica 8°. (Collection de mémoires et de brochures sur la cranioscopie.)

14*a*. H. F. SCHOOLCRAFT, The American Indians, their history, conditions and prospects. Buffalo 1851. 8°.

15*a*. G. F. ANGAS, The Kafirs illustrated in a series of engravings. Lond. 1849. 8°.

18°. G. WINDSOR EARL, The native races of the Indian Archipelago. Lond. 1853. 8°.

27*a*. B. GOLTZ, Der Mensch und die Leute. Berlin 1858. 5 Hfte 1 Bd. 8°.

27*b*. ———— Exacte Menschenkentniss. Berlin 1860. 2 Thl. 1 Bd. 8°.

33*a*. K. E. VON BAER, Bericht über die Zusammenkunft einiger Anthropologen in Göttingen. Leipz. 1861. 4°.

37*a*. H. C. L. BARKOW, Comparative Morphologie der Menschen und der menschen-ähnlichen Thiere. Breslau 1862. fol.

39*a*. R. G. LATHAM, The nationalities of Europe. Lond. 1863. 2 vol. 8°.

39*b*. S. NILSSON, Die Ureinwohner des Scandinavischen Nordens. Hamb. 1863. 8°.

39*c*. TH. H. HUXLEY, Evidence as to Man's place in nature. Lond. 1863. 8°.

39*d*. A. ECKER, Crania Germaniae meridionalis occidentalis. Freiburg 1863. 8°.

44. TH. WAITZ, Die Indianer Nord-America's. Eine Studie. Leipz. 1865. 8°.
45. AD. FRIEDERICH, Crania Germanica Hartagowensia. Nordhausen 1865. 4°.
46. B. GASTALDI, Lake habitations and prehistoric remains in the turbaries and marlbeds of Northern and Central Italy. Transl. by Ch. Harcourt Chambers. London 1865. 8°.

2. MAMMALIA, Pag. 23.

U. ALDROVANDUS, Quadrupedum bisulcorum historia. Bonon 1621. fol.
——————— De quadrupedibus digitatis viviparis. Bonon 1637. f.
——————— De quadrupedibus solipedibus. Bonon 1639. fol.
J. JONSTON, Historia naturalis de quadrupedibus. Amst. 1657. fol.
19*a*. F. CUVIER, De l'histoire naturelle des Cétacés. Par. 1836. 8°. avec Atl.
25*a*. J. VAN DER HOEVEN, Bijdragen tot de kennis van de Lemuriden of Prosimii. Leiden 1844. fol.
31. A. MILNE EDWARDS, Recherches anatomiques, zoologiques et paléontologiques sur la famille des Chévrotains. Paris 1864. 4°.
32. G. J. HENGEVELD, Het Rundvee. Haarlem 1864 enz. 8°.

3. AVES, Pag. 26.

P. BELON, Histoire naturelle de la nature des oyseaux avec leurs descriptions et naifs pourtraicts. Paris 1855. fol.
U. ALDROVANDI, Ornithologie. Bonon 1599 — 1603. 3 vol. fol.
31*a*. R. P. LESSON, Traité d'Ornithologie. Paris 1831. 8°. avec Atlas.
37*a*. CH. L. BREHM, Naturgeschichte aller Vögel Deutschlands. Ilmenau 1831. 8°.
66. P. HARTING, L'appareil épisternal des oiseaux. Utrecht 1864. 4°.
67. O. FINSCH, Index ad Caroli Luciani Bonaparte conspectum generum avium. L. B. 1865. 8°.
68. J. GOULD, Handbook to the Birds of Australia. Lond. 1865. 2 vol. 8°.

4. REPTILIA, Pag. 30.

U. ALDROVANDUS, Historia serpentum et draconum. Bonon 1840. fol.

16a. J. VAN DER HOEVEN, Icones and illustrandas coloris mutationes in Chamaeleonte. L. B. 1831. 4°.

24a. H. SCHIESS, Versuch einer speciellen Neurologie der Rana esculenta. St. Gallen und Bern 1857. 4°.

27. J. G. FISCHER, Anatomische Abhandlungen über die Perennibranchiaten und Derotremen. Hamb. 1844. 4°.

28. J. HYRTL, Cryptobranchus japonicus. Vindob. 1865. 4°.

5. PISCES, Pag. 32.

U. ALDROVANDUS, De piscibus et cetis. Bonon 1638. fol.

J. JONSTON, Historia de piscibus et cetis. Amst. 1657. fol.

22a. H. F. AUTENRIETH, Ueber das Gift der Fische. Tüb. 1833. 8°.

31a. P. BLEEKER, Ichthyologiae archipelagi Indici prodromus. Batav. 1858 — 1860. 2 vol. 4°.

33a. E. TH. VON SIEBOLD, Die Süsswasserfische von Mittel-Europa. Leipz. 1863. 8°.

35. FRANCIS DAY, The fishes of Malabar. London 1865. 4°.

C. Animalia articulata.

1. CRUSTACEA, Pag. 34.

U. ALDROVANDUS, De reliquis animalibus exanguibus. Bonon 1806 fol.

6a. MILNE EDWARDS, Histoire naturelle des crustacés. Paris 1834 — 1840. 3 vol. 8°.

8a. E. G. ZADDACH, De Apodis cancriformis anatome et historia evolutionis. Bonn 1841. 8°.

13. V. HENSEN, Studien über das Gehörorgan der Decapoden. Leipz. 1863. 8°.

14. J. E. SCHOEDLER, Neue Beiträge zum Naturgeschichte der Cladoceren (*Crustacea cladocera*). Berlin 1863. 4°.

---

2. ARACHNOIDEA, Pag. 25.

---

15. A. VINSON, Aranéides des îles de la Réunion, Maurice et Madagascar. Paris 1860. 4°.

---

3. INSECTA, Pag. 36.

U. ALDROVANDUS, De animalibus insectis. Bonon. 1638. fol.

71a. J. E. FISCHER, Abbildungen zur Berichtigung und Ergänzung der Schmetterlingkunde, besonders der Microlepidopteren. Leipz. 1834. 4°.

75a. J. F C. RATZEBURG, Die Waldverderbniss. Ein Ergänzungswerk zu der Abbildung und Beschreibung der Forstinsekten. Berlin 1866. 4°.

91. J. THOMSON, Systema cerambycidarum. Leipz. Madr. Brux. 1864. 8°.

92. G. KRAATZ, Revision der Tenebrioniden der alten Welt. Berlin 1865. 8°.

93. H. DE SAUSSURE, Mélanges hyménoptérologiques. Genève et Paris. 1854. 4°.

94. ——————— Mélanges orthoptériques. Genève et Bâle. 1863. 4°.

---

4. ANNULATA, Pag. 41.

---

7. E. EHLERS, Die Borstenwürmer. (*Annelida chaetopoda*). Leipzig 1864. 8°.

---

5. ENTOZOA, Pag. 42.

---

17. H. ALEX. PAGENSTECHER, Die Trichinen. Leipz. 1865. 8°.

D. Mollusca, Pag. 43.

43*a*. D. F. ESCHRICHT, Anatomisk-Physiologiske Undersögelser over Salperne. Kjöbenh. 1841. 4°.
54. J. R. BOURGUIGNAT, Monographie du nouveau genre français. Paladilhia, Paris. 1865. 8°.
55. V. HENSEN, Ueber das Auge einiger Cephalopoden. Leipz. 1865. 8°.

E. Radiata, Pag. 46.

26*a*. F. DUJARDIN, et H. HUPÉ, Histoire naturelle des zoophytes échinodermes. Paris 1862. 8°.
28. O. SCHMIDT, Supplement der Spongien des Adriatischen Meeres. Leipz. 1864. 4°.
29. E. HAECKEL, Beiträge zur Naturgeschichte der Hydromedusen. Leipz. 1865. und Atlas. 4°.

7*a*. FR. STEIN, Die Organismen der Infusionsthiere. Leipz. 1859. 4°.
9. W. B. CARPENTER, W. K. PARKER and F. R. JONES, Introduction to the study of the Foraminifera. Lond. 1862. fol.

Sectio III.

LIBRI BOTANICI.

A. Libri de phytographia generali, etc. Pag. 47.

5*b*. C. LINNAEUS, Termini botanici. Hamb. 1787. 8°.
81*a*. H. SCHACHT, Die Spermatozoiden im Pflanzenreich. Braunschw. 1864. 8°.
93*a*. H. O. LENZ, Botanik der alten Griechen und Römer. Gotha 1860. 8°.
95. G. H. REUSS, Pflanzenblätter in Naturdruck mit die botanische Kunstsprache für die Blattform. Stuttg. fol.

96. A. DUPUIS, F. GÉRARD, O. RÉVEIL et F. HERINCQ, Le règne végétal. Paris 1864 etc. 8°.
97. C. CRAMER, Bildungsabweichungen bei einigen wichtigeren Pflanzenfamilien, und die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies. Zürich 1864. 4°.
98. MAX WICHURA, Die Bastardbefrüchtung im Pflanzenreich, erläutert an den Bastarden der Weiden. Breslau 1865. 4°.
99. H. KARSTEN, Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Berlin 1865. 4°.
100. W. HOFMEISTER, Handbuch der physiologischen Botanik. Leipz. 1865. 8°.

B. Plantae phanerogamicae, Pag. 53.

41*a*. C. LINNAEI Hortus Upsaliensis. Stockh. 1748. 8°.
42*a*. ———— Flora Suecica. Stockh. 1755. 8°.
44*a*. ———— Flora Lapponica. Lund. 1792. 8°.
346*a*. F. A. W. MIQUEL, Choix des plantes rares ou nouvelles cultivées et dessinées dans le jardin botanique de Buitenzorg. La Haye. 1864. fol.
366. P. W. KORTHALS, Botanie der Nederlandsche overzeesche bezittingen. Leiden 1840. fol.
377*a*. GRENIER et GODRON, Flore de France. Paris 1848. 3 vol. 8°.
380*a*. BORY DE ST. VINCENT et DURIEU DE MAISONNEUVE, Botanique de l'Algérie. Paris 1848. 4°. (Explor. scient. de l'Algérie.)
386*a*. E. DE BERG, Catalogus systematicus bibliothecae horti imperialis botanici Petropolitani. Petrop. 1852. 8°.
353*a*. J. D. HOOKER, Flora Novae Zelandiae. Lond. 1853. 2 vol. 4°. (Voyage of the Erebus and Terror).
394*a*. L. PAPPE. Sylva capensis. Cape Town. 1854. 8°.
408. E. ENDER, Index Aroidearum. Berlin 1864. 4°.
409. G. PLANCHON, Des Quinquinas. Montpellier 1864. 4°.
410. ALPH. MILNE EDWARDS, De la famille des Solanacées. Paris 1864. 8°.
411. E. J. LOWE et W. HOWARD, Les plantes à feuillage colorié. Paris 1865. 8°.
412. O. BERG, Die Chinarinden der Pharmakognostischen Sammlung zu Berlin. Berlin 1865. 4°.
413. A. MURRAY, The pines and firs of Japan. London 1863. 8°.

414. A. Murray, The book of the Royal Horticultural Society 1862—1863. London 1863. 4°.
415. D. Ant. Cipr. Costa y Cuxart, Introduccion à la flora de Cataluña. Barcel. 1864. 8°.
416. Ch. Grenier, Flore de la chaîne Jurassique. Paris 1865. 8°.

C. Plantae cryptogamicae, Pag. 73.

74*a*. L. Rabenhorst, Deutschlands Kryptogamen-Flora. Leipz. 1844—1845. 8°.
92*b*. —— ——— Flora europaea algarum aquae dulcis et submarinae. Leipz. 1864, 1865. 8°.
76*a*. F. Dozy et J. H. Molkenboer, Muscorum frondosorum novae species. L. B. 1844. 8°.
101*a*. W. Ph. Schimper, Corollarium bryologiae Europaeae. Stuttg. 1865. 4°.
101*b*. ———— Musci Europaei novi. Stuttg. 1864 etc. 4°.
103*a*. M. J. Berkeley, Outlines of British Fungology. Lond. 1860. 8°.
113*a*. P. G. Lorentz, Moosstudien Leipz. 1864. 4°.
115*a*. C. von Ettingshausen, Die Farnkräuter der Jetztwelt, zur Untersuchung und Bestimmung der Reste von vorweltlichen Arten. Wien 1865. 4°.

Sectio IV.

LIBRI MINERALOGICI, GEOLOGICI, PALAEONTOLOGICI.

A. Libri mineralogici, Pag. 79.

U. Aldrovandi Musaeum metallicum. Bonon. 1648. fol.
F. E. Bruckmann, Magnalia Dei in locis subterraneis, oder Unterirdische Schatzkammer aller Königreiche und Länder. Braunschw. 1727. fol.
1*a*. Joh. Sam. Schröter, Vollständige Einleitung in die Kenntniss und Geschichte der Steine und Versteinerungen. Altenb. 1774, 4 Th. 4°.

1*b*. A. G. WERNER, Von den aeusserlichen Kennzeichen der Fossilien. Leipzig 1774. 8°.

11*a*. HAÜY, Essai d'une théorie sur la structure des crystaux. Paris 1784. 8°.

13*a*. J. C. W. VOIGT, Mineralogische und bergmännische Abhandlungen. Leipz. 1789. 8°.

33*a*. ROZET, Cours élémentaire de géognosie. Paris 1830. 8°.

35*a*. H. B. GEINITZ, Geognostische Darstellung der Steinkohlenformation in Sachsen. Leipz. 1865. fol.

41*a*. H. O. LENZ, Mineralogie der alten Griechen und Römer. Gotha 1861. 8°.

41*b*. H. GIRARD, Handbuch der Minéralogie. Leipz. 1862. 8°.

41*c*. Le lapidaire du quinzième siecle; description des pierres précieuses et de leurs vertus magiques d'après le traité du chevalier J. de Mandeville. Avec notes par Is. del Sotto. Vienne 1862. 8°.

45. L. H. FISCHER, Clavis der Silicaten. Leipz. 1864. 4°.

46. AMÉD. BURAT, Minéralogie appliquée. Paris et Liège. 1864. 8°.

B. Libri geologici, Pag. 82.

ANTONIUS PHILOTHEUS de homodeis Siculi, Aetnae topographia etc. Venet. 1591. 4°.

J. CAESAR RECUPITUS, De Vesuviano incendio nuntius. Neap. 1632. 8°.

G. B. GIULIANI, Trattato del monte Vesuvio. Nap. 1632. 4°.

J. A. BORELLI Historia et meteorologia incendii Aetnaei anni 1669. Reg. Jul. 1670. 4°.

Neapolitanae scientiarum Academiae de Vesuvii conflagratione commentarius. Neap. 1738.

J. DELLA TORRE, Die Geschichte und die Erscheinungen des Vesuvii, übers. von Jagemann. 1755.

Ragionamento istorico intorno a' nuovi vulcani, etc. Nap. 1761. 4°.

M. SCHOOCKII Tractatus de turfis. Gron. 1658. 8°.

CH. PATIN, Traité des tourbes combustibles. Paris 1663. 4°.

J. H. DEGNERI Dissertatio de turfis. Traj. ad Rh. 1729. 8°.

1*a*. JOH. WOODWARD, Naturalis historia telluris. Lond. 1714. 8°.

4*a*. SÖREN ABILDGAARDS Abhandlung vom Torf. Kopenh. 1765. 8°.

4*b*. MEDICUS, Von dem Bau der Steinkohlen. Mannh. 1768.

4c. Grouner, Histoire naturelle des glaciers de la Suisse, trad. de l'allem. par de Kéralio. Paris 1770. 4°.

14a. G. Strange, De' monti colonnari e d'altri fenomeni vulcanici dello stato Veneto. Milano 1778. 4°.

24a. G. Gioeni, Saggio di litologia Vesuviana. Nap. 1790. 8°.

32a. E. F. Rettberg, Erfahrungen über die Lagerstätte der Steinkohlen, Braunkohlen und des Torfes. Hannover 1801.

115a. Renou, Géologie de l'Algérie, et Ravergie, Notice minéralogique sur le massif de l'Algérie. Paris 1848. 4°. (Explor. scientif. de l'Algérie).

141. E. Eudes Deslongchamps, Etudes sur les étages jurassiques inférieurs de la Normandie. Paris et Caen. 1864. 4°.

142. H. Lecoq, Les eaux minérales du massif central de la France considerées dans leurs rapports avec la chimie et la géologie. Paris 1864. 8°.

143. C. W. C. Fuchs, Die vulkanischen Erscheinungen der Erde. Leipz. und Heidelb. 1865. 8°.

144. Ch. Lyell, Elements of geology. Sixth Edition. Lond. 1865. 8°.

145. G. F. Browne, Ice-caves of France and Switserland. Lond. 1865. 8°.

146. H. B. Geinitz, H. Fleck, und E. Hartig, Die Steinkohlen Deutschland's und anderer Länder Europa's. München 1865. 4°.

147. De Lesse, Recherches sur l'origine des roches. Paris 1865. 8°.

C. Libri palaeontologici, Pag. 92.

4a. M. D. S. Buttner, Rudera diluvii testes, i. e. Zeichen und Zeugen der Sündfluth. Leipz. 1710. 4°.

28a. J. F. Blumenbach, Specimen archaeologiae telluris terrarumque inprimis Hannoveranarum. Gött. 1803. 8°.

49a. H. G. Bronn, Index palaeontologicus. Stuttg. 1848. 8°.

151a. L. de Koninck, Monographie du genre Productus. Liège 1847. 8°.

160a. E. von Otto, Additamente zur Flora des Quadergebirges in den Gegend von Dresden u. s. w. Leipzig 1854. 4°.

161a. J. Leidy, The ancient Fauna of Nebraska 1852. 4°.

167a. E. G. Ehrenberg, Mikrogeologie. Leipz. 1854. 2 vol. fol.

193a. J. D. Whitney, Geological Survey of California. Paleontology. (Philad.) 1864. 8°.

194. F. A. Roemer, Die Spongitarien des Norddeutschen Kreidegebirges. Cassel 1864. 4°.
195. O. Heer, Die Urwelt der Schweiz. Zürich 1865. 8°.
196. A. d'Archiac, Leçons sur la faune quaternaire. Paris 1865. 8°.
197. C. J. Andrä, Vorweltliche Pflanzen aus dem Steinkohlengebirge der preussischen Rheinlanden und Westphalens. Bonn 1865. 4°.
198. O. Speyer, Die Tertiär-Fauna von Sollingen bei Jerxheim im Herzogthum Braunschweig. Cassel 1864. 4°.
199. J. L. Schoenlein, Abbildungen von fossilen Pflanzen aus dem Kempen Frankens. Mit erläuternden Texte herausgegeben von Aug. Schenk. Wiesbaden. 1865. 4°.
200. P. J. van Beneden, Recherches sur les squalodons. Bruxelles 1865. 4°.
201. Ad. Watelet, Description des plantes fossiles du bassin de Paris. Paris 1865. 4°.
202. Aug. Schenk, Die fossile Flora der Grenzschichten des Keupers und Lias Frankens. Wiesbaden 1865. 4°.
203. W. A. Ooster, Pétrifications des Alpes Suisses. Genève et Bâle. 1865. 4°.
204. E. W. Benecke, Geognostisch-Palaeontologische Beiträge. München 1866. 8°.

PARS TERTIA.

LIBRI GEOGRAPHICI ET ITINERARIA.

Sectio I.

Libri geographici etc. Pag. 102.

19*a*. A. J. Cavanilles, Observaciones sobre la historia natural, geografia, agricultura etc. del reyno de Valencia. Madrid 1795—1797. 4°.

19*b*. F. E. Schröder, Allgemeine historisch-topographische Beschreibung des Kaukasus. Gotha und St. Petersb. 1796. 8°.

63*a*. Exploration scientifique de l'Algérie en 1840 et 1842. Géographie, histoire, jurisprudence, médecine. Paris 1844—1854. 18 vol. 8°.

68*a*. F. Fresnel, F. Thomas et J. Oppert, Expédition scientifique en Mésopotamie. Paris 1856. fol.

76. J. A. Barral, Atlas du Cosmos. Paris 1861. fol.

77. The North-Atlantic Seabed. London 1862. 4°.

78. Frost and Fire, Natural engines, tool-marks and chips. Edinb. 1865. 2 vol. 8°.

79. R. F. Fresnel, Recherches faites afin de découvrir le passage de la jonction maritime des océans atlantique et pacifique. Paris 1865. 8°.

Sectio II.

ITINERARIA.

A. Itinera in regiones europaeas, Pag. 107.

---

42. A. Conze, Reise auf der Insel Lesbos. Hannover 1865. 4°.

43. Ten years in Sweden, by an old Bushman. Londen 1865. 8°.

B. Itinera in regiones Asiaticas, Pag. 110.

35*a*. J. CRAWFURD, History of the Indian Archipelago. Edinburgh 1820. 3 vol. 8°.

37*a*. ———— A descriptive dictionary of the Indian islands and adjacent countries. London 1856. 8°.

34*a*. HEBER, Narrative of a Journey through the Upperprovinces of India from Calcutta to Bombay. Lond. 1828. 3 vol. 8°.

47*a*. J. D. HOOKER, Himalayan Journal. Notes of a naturalist. London 1855. 8°.

68. Die Preussische Expedition nach Ost-Asien. Nach amtlichen Quellen. Berlin 1864. 8°.

69. F. UNGER und TH. KOTSCHY, Die Insel Cypern. Wien 1865. 8°.

70. Le livre de Marco Polo, rédigé en français par Rusticien de Pise et publié par M. G. Pauthier. Paris 1865. 2 vol. 8°.

71. F. DE SAULCY, Voyage en terre Sainte. Paris 1865. 2 tom. 8°.

72. C. T. NEWTON, Travels and Discoveries in the Levant. London 1865. 2 vol. 8°.

73. G. RADDE, Reise im Süden von Ost-Sibirien in den Jahren 1855 — 1859. St. Petersburg 1862. 4°.

C. Itinera in regiones Africae, Pag. 112.

46*a*. WILHELM C. H. PETERS, Naturwissenschaftliche Reise nach Mossambique. Berlin 1862. 4°.

50. RICH. F. BURTON, A mission to Gelele, King of Dahome. Lond. 1864. 2 vol. 8°.

51. J. A. GRANT. A walk across Africa. Edinb. and Lond. 1864. 8°.

52. W. MUNZINGER, Ostafrikanische Studien. Schaffhausen 1864. 8°.

53. E. Trémaux, Voyage en Ethiopie, au Soudan oriental et dans la Nigritie. Paris. 3 vol. 8°. et atlas fol.
54. ——————— Le Soudan. Paris. 8°.
55. ——————— Parallèle des édifices anciens et modernes du continent Africain. Paris 8°. avec atlas in fol.
56. Reise des Herzogs Ernst von Sachsen-Coburg-Gotha nach Aegypten u. s. w. Leipz. 1864. fol.
57. G. Lejean, Voyage aux deux Nils. Paris 1865 4°.
58. D. and Ch. Livingstone, Narrative of an expedition to the Zambesi and its tributaries. London 1865. 8°.

D. Itinera in Americam.

2. IN AMERICAM BOREALEM ET CENTRALEM, Pag. 119.

15*a*. Reports of explorations and surveys to ascertain the most practicable and economical route for a railroad from the Mississippi river to the Pacific Ocean. 1853 — 1854. Washingt. 1855 etc. 12 vol. 4°.
19*a*. Report upon the Colorado river of the West, explored in 1857 and 1858 by Lieut. Jos. C. Ives. Washingt. 1861. 4°.

---

3. IN AMERICAM MERIDIONALEM.

12*a*. F. d'Azara, Voyage dans l'Amérique méridionale. Paris 1809. 4 vol. 8°. et atlas 4°.
23*a*. Maur. Rugendas, Voyage pittoresque dans le Brésil. Paris et Mülh. 1835. fol.
26*a*. R. Schomburgk, Reisen in British-Guiana in den Jahren 1840 — 1844. Leipz. 1847 — 1848. 3 Th. 4°.

E. Itineraria in Australiam et circa orbem terrarum.

49*a*. Ch. Darwin, Naturwissenschaftliche Reisen. Braunschw. 1844. 2 Th. 1 Bd. 8°.

58*a*. Reise der Oestenr. Fregatte Novara. Nautisch-Physicalischer Theil. Wien 1862 — 1863. 4°.
Statistisch-Commercieller Theil. Wien 1864. 4°.
Geologischer Theil. Wien 1864. 4°.
Zoologischer Theil. Wien 1865. 4°.

61. O. Finsch, Neu-Guinea und seine Bewohner. Bremen 1865. 4°.

PARS QUARTA.

ACTA ACADEMIARUM ET DIARIA.

Sectio I.

ACTA ACADEMIARUM.

A. Galliae, Pag. 127.

8*a*. Mémoires de physique et de chimie de la société d'Arcueil. Paris 1807—1813. 3 vol. 8°.
18*a*. Receuil des dissertations qui ont remporté le prix à l'académie royale des belles-lettres, sciences et arts à Bordeaux. Bord. 1715.
30*a*. Bulletin de la société zoologique d'acclimatation. Paris 1854. etc. 8°.
32. A. de Héricourt, Annuaire des sociétés savantes de la France et de l'étranger. Paris 1863. 2 vol. 8°.

B. Angliae et Americae septentrionalis, Pag. 130.

4*a*. Acta philosophica Societatis Regiae in Anglia ann. 1665—1670, auctore H. Oldenburgio. Amst. 1672—1681. 6 vol. 8°.

C. Germaniae.

50. Monatsbericht der Königl. Preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1865 etc. 8°.

Sectio II.

DIARIA, Pag. 143.

1*a*. Opuscula omnia actis eruditorum Lipsiensibus inserta ab anno 1862 ad annum 1740. Venet. 1740—1746. 7 vol.
35*a*. Annales de chimie et de physique, par M.M. Chevreul, Dumas, Pelouze, Boussingault, Regnault, etc. 4e série 1864. etc.
87*b*. Wochenschrift für Gaertnerei und Pflanzenkunde, herausgegeben von Prof. Dr. Karl Koch. Berlin 1858 etc. 4°.

PARS QUINTA.

MISCELLANEA.

Pag. 149.

1*a*. J. Dryander, Catalogus bibliothecae Jos. Banks. London 1796. 5 vol. 8°.

6*a*. W. Engelmann, Bibliotheca historico-naturalis. 1er Bd. Leipzig 1846. 8°.

Pag. 150.

4*a*. J. A. Chaptal, Elémens de chimie. Montpellier 1790. 3 vol. 8°.

7*a*. F. Hildebrandt, Encyklopädie der gesammten Chemie. Erlangen 1809. 5 Th. 8°.

9*a*. W. Bessel, Astronomische Untersuchungen. Königsb. in Pr. 1841. 2 Bde. 4°.

22*a*. C. F. Gauss Werke. Gött. 1863. 2 Bde. 4°.

23. Theorie der Bewegung der Himmelskörper welche in Kegelschnitten die Sonne umlaufen. Ins Deutsche überträgen von C. Haase. Hannover 1865. 4°.

24. J. A. Berchtold, Das Maassensystem der Natur. Berlin 1865. 8°.

25. Ch. Dien, Atlas céleste. Avec une introduction par M. Babinet. Paris 1865. fol.

26. F. J. Lauth, Les Zodiaques de Denderah. Munich 1865.

27. G. E. Lösche, Meteorologische Abhandlungen. Dresden 1865. 8°.

28. J. C. F. Zöllner, Photometrische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die Physische Beschaffenheit der Himmelskörper. Leipz. 1865. 8°.

Pag. 152.

14. E. Netscher en J. A. van der Chijs, De munten van Nederlandsch Indie. Batavia 1863. 4°.

15. S. Reinisch, Die Aegyptischen Denkmäler in Miramar. Wien 1865. 8°.

Pag. 153.

7. Parabola de seminatore ex Evangelio Matthaei in LXXII Europaeas linguas ac dialectos versa. Lond. 1857.

8. Het evangelie van Mattheus, vertaald in het Land-friesch door J. Halbertsma. London 1858. 4°.

PARS SEXTA.

AUCTORES GRAECI ET LATINI.

Sectio IV.

PHILOSOPHI, MATHEMATICI, ETC. Pag. 165.

19a. SIMPLICII, Commentarius in IV libros Aristotelis de coelo, ex rec. Sim. Karstenii. Traj. ad Rh. 1865. 4°.

APPENDIX AD SECTIONES I—IV.

44. J. G. F. FRANZIUS, Scriptores physiognomonici veteres. Altenb. 1780. 8°.

Sectio VI.

BIBLIA, PATRES ECCLESIAE, SCRIPTORES HISTORIAE ECCLESIASTICAE, ETC.

Pag. 178.

1a. Vetus testamentum hebraicum ed. B. Kennicott. Oxon. 1776. 2 vol. fol.

Pag. 179.

6a. J. S. ASSEMANNI, Bibliotheca orientalis Clementio-Vaticana. Romae 1790. 3 Tom. 4 vol. fol.

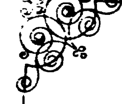
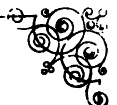
Pag. 181, etc.

39a. EUSEBII Emeseni quae supersunt opuscula graeca, ed. Jo. Chr. Guil. Augusti. Elberf. 1829. 8°.

49a. S. GREGORIUS Nazianzenus. Paris 1842. 2 vol. fol.

58a. PELAGII Epistola ad Demetriadem cum aliis aliorum epistolis. Rec. Jo. Sal. Semler. Halae Magdeb. 1775. 8°.

IMPRIMERIE DES HÉRITIERS LOOSJES À HARLEM.

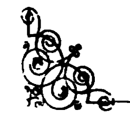
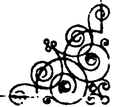
ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.
FASCICULE DEUXIÈME.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.
PARIS. — GAUTHIER-VILLARS.
1867.

ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

Fascicule deuxième.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.
1867.

1878, July 23.
Gift of
the Bussey Institution.

TABLE DES MATIÈRES.

AVIS.

Les Archives du Musée Teyler paraitront de temps à temps en cahiers successifs, qui contiendront des mémoires scientifiques et les augmentations annuelles de la Bibliothèque et des collections Paléontologiques etc. du Musée.

FONDATION

DE

P. TEYLER VAN DER HULST,

À HARLEM.

Directeurs.

W. VAN WALRÉ.
J. VAN DER VLUGT.
C. G. VOORHELM SCHNEEVOOGT.
Dr. K. SIJBRANDI.
A. HERDINGH.

Secrétaire.

J. J. ENSCHEDÉ, *Dr. en droit.*

Directeur du Cabinet de Physique.

Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Conservateur du Musée de paléontologie et de minéralogie.

Dr. T. C. WINKLER.

Bibliothécaire.

Dr. D. LUBACH.

Conservateur de la Bibliothèque.

J. A. VAN BEMMELEN.

Conservateur des collections de tableaux, de dessins et de gravures.

H. J. SCHOLTEN.

MEMBRES DES SOCIÉTÉS TEYLÉRIENNES.

De la première Société ou Société de théologie.

Dr. S. MULLER, *ancien professeur.*
W. C. MAUVE, V.D.M.
Dr. A. KUENEN, *professeur.*
Dr. S. HOEKSTRA Bz., *professeur.*
C. SEPP, V.D.M.
Dr. D. HARTING, V.D.M.

De la seconde Société.

Dr. J. G. S. VAN BREDA, *ancien professeur.*
H. BEIJERMAN, *Dr. en droit, ancien professeur.*
P. ELIAS, *Dr. en droit.*
Dr. J. VAN DER HOEVEN, *professeur.*
J. DE BOSCH KEMPER, *Dr. en droit, ancien professeur.*
Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

RAPPORT

SERVANT DE

PREMIER SUPPLÉMENT

AU

Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde du Spectre Solaire,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Ainsi que j'en avais exprimé l'intention à la fin de mon „Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde du spectre solaire", j'ai essayé, dans le courant de l'été de l'année précédente, de fixer la valeur de ces longueurs, aux deux extrémités du spectre, avec plus d'exactitude que je n'avais cru pouvoir en attribuer aux résultats obtenus, pour ces longueurs extrêmes, dans mes premières recherches.

Je me suis servi, à cet effet, d'un réseau de NOBERT offrant 10000 fentes sur la largeur d'un pouce de Paris. Mais je n'ai pas réussi, avec ce réseau, à atteindre le résultat désiré. Par suite de la grande dilatation que le nombre considérable des fentes imprimait au spectre, et peut-être aussi par suite de la diffusion que les bords nécessairement plus ou moins rugueux des traits faisaient éprouver à la lumière, celle-ci s'est trouvée tellement affaiblie, qu'aux extrémités du spectre elle devenait tout-à-fait insuffisante, non-seulement pour mesurer, mais même pour apercevoir les raies de FRAUNHOFER. Il faudra donc en revenir à un réseau à fentes moins rapprochées. J'en attends un de M. NOBERT, qui pourra, je l'espère, me conduire au but, et je compte l'avoir en ma possession assez prochainement pour que les expériences puissent être reprises cet été même.

Il m'a été demandé pourquoi j'avais négligé de mettre mes déterminations des longueurs d'onde en rapport avec le spectre de M. M

KIRCHHOFF et HOFFMANN [1]), en indiquant parmi les raies de ce spectre celles qui étaient identiques aux raies observées par moi-même. Je répondrai, en premier lieu, que le spectre nommé a une étendue si considérable, et diffère, sous ce rapport, tellement du mien, qu'il m'aurait été impossible peut-être, dans beaucoup de cas, d'assigner avec précision les raies correspondantes. Un second motif que je puis alléguer, c'est que j'avais principalement en vue d'obtenir les données nécessaires pour soumettre à un contrôle décisif les formules théoriques de réfraction et de dispersion. Or, pour une pareille opération il ne paraissait guère convenable d'entreprendre, de prime abord, des recherches sur une aussi vaste échelle et avec des détails aussi minutieux que ceux dont M. KIRCHHOFF avait besoin pour l'analyse spectrale. Avec son assemblage de prismes, qui pourtant serait nécessaire pour avoir un spectre de réfraction aussi étendu, il deviendrait difficile d'arriver à une détermination exacte et parfaite de l'indice de réfraction, en admettant même que tous ces prismes fussent composés de la même matière, dans un état chimique identique; les recherches se compliqueraient, pour ainsi dire, à l'infini, si l'on voulait les étendre à chaque raie de KIRCHHOFF.

Ce n'est que depuis peu de jours que j'ai eu connaissance du travail de M. DITSCHEINER [2]), par les *Fortschritte der Physik für* 1864, Berlin, 1866, p. 184. Lorsque je suis engagé dans des recherches expérimentales, je ne m'occupe guère de lecture, et je remets volontiers l'étude des nouvelles publications scientifiques jusqu'au moment où je dois aborder la rédaction de mon travail; il se peut que, de cette manière, l'une ou l'autre de ces publications échappe à mon attention. C'est là un des inconvénients de cette habitude.

M. DITSCHEINER a directement relié ses mesures des longueurs d'onde au spectre de M. KIRCHHOFF, et comblé, par conséquent, la lacune que j'ai signalée plus haut. La comparaison de mes résultats avec ceux de M. DITSCHEINER m'a mis à même de reconnaître celles de nos raies respectives qui sont identiques, et me fournit ainsi le moyen de rapporter également mes mesures au spectre de M. KIRCHHOFF. Si de plus je parviens à trouver une formule acceptable, il ne sera peut-être pas impossible, à l'aide de cette formule, de déduire de mes soixante mesures, avec une exactitude suffisante, les longueurs d'onde des différents points du spectre de M. KIRCHHOFF.

---

[1]) *Untersuchungen über das Sonnenspectrum*, Berlin, 1861 et 1863.

[2]) *Berichte der Wiener Academie*, T. L. 2, p. 296 — 341.
Zeitschrift für Mathematik, von Schlömilch, Kahl und Cantor, 1865, p. 81 — 83.

Le tableau suivant montre la correspondance entre mes raies et celles de M. DITSCHEINER:

V. D. W.	D.	V. D. W.	D.
4α	593	29	1777,4 *
5	694	30	1834 *
6	711,5	31	1961
7	719,5	32	2041,4
9	850	33	2067
10	864	34	2080,1
11	877 *	35	2309
12	885	36α	2489,4 *
13	895	37	2721,6
14α	1002,8	38	2797
14γ	1006,8	39	2822,8
15	1200,4	40	2854,7
16	1207,0	41	A
17	1280 *	42	γ
18	1324,8 *	43	B
19	1343,0	44	ν
20	1421,6	45	T *
21	1463,0	46	E
22α	1523,5	47	η *
23	1569,8	48	σ ?
24	1577,5	49	Z
25	1634	50	ε *
26	1648,8	51α	H
27β	1655,6 *	51β	H¹
28	1750,4 *		

J'ai marqué du signe * les raies dont, pour l'un ou l'autre motif, la correspondance ne me paraissait pas parfaite. Le signe ?, placé près d'une seule raie, indique que je crois devoir, dans ce cas, attribuer la déviation à une cause plus profonde ou à la non-correspondance des raies. Je ne m'explique pas pourquoi au lieu de 27α et 27γ je ne trouve que 27β, car il n'est pas douteux que M. DITSCHEINER n'ait dû reconnaître également le dédoublement de la raie 27 en deux autres.

Voici les rapports qui existent entre les longueurs données par moi et celles trouvées par mes devanciers, FRAUNHOFER [1]), ÅNGSTRÖM [2]), MASCART [3]) et DITSCHEINER [4]), pour les raies de FRAUNHOFER et les moyennes des trois derniers rapports:

---

[1]) Série γ citée par ÅNGSTRÖM.

[2]) POGGEND. *Ann.*, T. CXXIII, p. 495.

[3]) *Annales de l'école normale*, T. I. p. 219 et seqq.

[4]) l. c.

		v. D. W. / F.	v. D. W. / A.	v. D. W. / M.	v. D. W. / D.	M. / ⅓ (A+M+D)
B	4α		1,00000	1,00118	1,00061	1,00060
C	5	1,00135	0,99965	1,00075	1,00093	1,00045
D^b	14α		0,99972	1,00073	1,00071	1,00039
D^a	14γ	1,00078	0,99978	1,00078	1,00078	1,00045
E	22α	1,00133	0,99975	1,00087	1,00073	1,00045
b	26		0,99971		1,00073	
b'	27β			1,00101*		
F	34	1,00151	0,99976	1,00088	1,00087	1,00051
G			0,99905*			
G'	40			1,00086	1,00056	
G''		1,00349*				
H	51α	1,00203	0,99974	1,00103	1,00114	1,00064
H^1	51β		1,00046		1,00112	

J'ai marqué d'un * les correspondances douteuses; quant à la raie G, FRAUNHOFER a mesuré, je crois, la seconde raie intense de cette bande et M. ÅNGSTRÖM le commencement de la bande, au lieu de la première raie intense comme M. MASCART, M. DITSCHEINER et moi. La seconde colonne contient les numéros de ma liste. [1]).

J'admire le travail de M. DITSCHEINER et ses observations m'inspirent toute confiance. Il est heureux pour moi que son Mémoire ne me soit parvenu qu'après l'impression de mon propre travail: si j'en avais eu connaissance plus tôt, le découragement m'aurait peut-être fait renoncer à la continuation de mes recherches. Le rapport entre les déterminations de mes devanciers et les miennes fera juger de l'exactitude avec laquelle nous avons tous opéré. M. DITSCHEINER, de même que tous ceux qui se sont occupés de ce sujet après FRAUNHOFER, ne donne pas les valeurs absolues des longueurs d'onde; mon mé-

---

[1]) Les observations de M. ÅNGSTRÖM, données en parties du pouce de Paris, sont réduites ici en prenant la valeur pour 4α en parties du millimètre = 6874.3, c'est-à-dire en supposant que nos chiffres coïncident pour cette raie.

moire, au contraire, renferme ces valeurs, et, en présence du haut degré de précision déjà atteint par mes devanciers, je crois que c'est un devoir pour moi de m'attacher encore davantage à cette détermination absolue, et de comparer encore la largeur de mes réseaux avec quelque autre étalon. On verra dans mon travail que j'ai constamment observé dans la position où le rayon incident, ou plutôt le rayon dévié, était à peu près perpendiculaire à la face du réseau; qu'en outre je n'ai observé que des déviations à gauche, — c'est-à-dire des déviations du rayon incident à droite, — en vérifiant de temps en temps durant les observations la position relative du collimateur et du tube observateur; tandis que M. Ditscheiner opérait avec de grandes inclinaisons tant du rayon incident que du rayon dévié; c'est là un des traits distinctifs entre le travail de M. Ditscheiner et le mien. — De plus mes observations séparées sont en nombre trois fois plus grand que celles de M. Ditscheiner, mais elles ne sont réparties que sur la moitié du nombre des raies. Je veux croire, à l'inspection et à la comparaison de mes résultats, que j'aurais pu m'en tenir à un nombre d'observations relativement moins considérable; mais le trop ne nuit pas.

M. Ditscheiner se livre à une discussion sur l'influence de la forme prismatique du verre sur lequel le réseau est tracé; en fin de compte, pourtant, il néglige cette influence, parce qu'il n'a pu parvenir à déterminer l'angle très petit des deux faces de la lame, et il abandonne l'élimination de l'erreur aux observations mêmes, d'où il déduit par le calcul la valeur de l'angle γ c'est-à-dire la déviation du rayon incident, qui en est seule influencée. Dans mon mémoire cette question n'est pas l'objet d'un examen spécial, mais, par la combinaison d'observations faites dans quatre positions différentes de la lame, je crois avoir entièrement éliminé cettecause éventuelle d'erreurs.

On trouve développées chez M. Ditscheiner, tout comme chez M. Mascart [1]), les considérations qui montrent que la déviation des rayons infléchis est susceptible d'un minimum. Ce point ne m'avait pas paru réclamer une discussion si étendue, la différence des chemins dépendant de la somme des sinus de deux arcs, et la somme de deux arcs, quand la somme des sinus est une grandeur constante, devenant un minimum lorsque les arcs sont égaux.

Je présume, que M. Ditscheiner s'est servi de l'instrument dont M. Meyerstein m'avait entretenu lorsque je commandai le mien, et

---

[1]) *Annales scientifiques de l'Ecole normale supérieure à Paris*, T. I, p. 219 et suiv.

au sujet duquel cet habile constructeur avait reçu de M. von Ettinghausen les témoignages les plus flatteurs.

Nous devrons revenir plus tard sur les spectres accessoires encore si mal connus.

L'Académie des sciences de Paris a couronné cette année un mémoire de M. Mascart sur la détermination des longueurs d'onde du spectre solaire, et le rapport dit, au sujet de ce travail, qu'il est le plus exact qui ait été exécuté depuis les célèbres recherches de Fraunhofer. Pour porter un jugement sur le travail de M. Mascart, il faudra attendre, naturellement, qu'il ait vu le jour. Je n'ai aucun motif de révoquer en doute la valeur des résultats, mais les soins que j'ai apportés à mes expériences me font espérer que, sous le rapport de l'exactitude, mes déterminations pourront soutenir la comparaison sans trop de désavantage. L'exemplaire du premier Fascicule de ces *Archives*, que j'avais pris la liberté d'offrir à l'Académie, s'est égaré ou n'est parvenu à destination que trop tard; et d'un autre côté notre pays est, en général, pour nos voisins un coin du globe si reculé, qu'ils ne songent guère, d'eux-mêmes, à s'enquérir de ce qui s'y passe ou s'y publie. C'est à ces circonstances que je dois sans doute de ne pas voir mon Mémoire nommé dans le Rapport en question, sort qu'il partage du reste avec les travaux d'autres physiciens p. e. ceux de de M. Ångström et de M. Ditscheiner. En tout cas, je crois pouvoir dire qu'aucun de mes devanciers, après Fraunhofer, ne s'est occupé de déterminer la largeur du réseau par la comparaison avec quelque type de longueur, et, pour autant que l'Académie voulait la détermination *absolue* des longueurs d'onde, c'était là un point essentiel, cette mesure absolue reposant nécessairement sur celle du réseau.

J'ai comparé mes réseaux avec une lame divisée de M. Dumoulin-Froment. D'un autre côté, je me propose de confronter bientôt cette lame avec une mesure déduite de l'étalon du mètre qui repose près de notre Gouvernement. Mes résultats se trouveront alors rapportés, non-seulement au prototype Français, mais aussi au prototype Néerlandais. Il ne faut pas oublier, en effet, que notre compatriote van Swinden siégeait à côté des savants français, dans la commission qui fixa primitivement la longueur du mètre. Notre mètre hollandais a donc, pour nous, droit aussi à être regardé comme type et à servir de terme de comparaison pour les mesures délicates.

Comme je crois avoir lieu de penser que les nouvelles déterminations que je pourrai entreprendre n'apporteront pas de changements notables aux résultats consignés dans le premier Fascicule, je donne ci-après

A.

'able A) les logarithmes des 1ère, 2me et 4me puissances des longueurs onde, tant pour la facilité de mes propres calculs ultérieurs, qu'à isage de ceux qui voudront se servir de mes résultats.

Je profite en même temps de l'occasion qui m'est offerte, pour sigıler quelques erreurs qui se sont glissées dans les chiffres de mon emier mémoire, mais qui n'ont eu aucune influence sur le calcul des ngueurs d'onde.

Septième Table (*en regard de la p.* 29).

raie 47
lisez: 82,5 — 79,0 — 79,1 — 6 — 4079,0.

raie 49
lisez: 51,3 — 47,5 — 48,4 — 21 — 4047,9.

Page 29.

ligne 14 d'en bas
lisez: 0mm,01129853 dont le log. = 1,053022.

ligne 11 d'en bas
lisez: B : 0mm,00752837.

ligne 10 d'en bas
lisez: = 0,876701.

ligne 9 d'en bas
lisez: C : 0mm,00451772.

ligne : 8 d'en bas
lisez: log. = 0,654919.

Voici encore les rapports entre mes résultats et ceux de M. BERNARD, *Comptes Rendus* 20 juin 1864, et *Mascart*, l. c.) obtenus par une autre méthode.

		1e *Série*. $\frac{\text{v. d. W.}}{\text{B.}}$	2e *Série*. $\frac{\text{v. d. W.}}{\text{B.}}$
A	1α	1,00416	1,00363
B	4α	1,00143	1,00107
C	5	1,00131	1,00070
(Da, b)	½ (14α+14γ)	1,00129	
Da	14γ		1,00078
E	22α	1,00121	1,00083
F	34	1,00121	1,00101
G	40	1,00144 *	1,00121 *
H	51α	1,00109	1,00083

J'ai mis un *, puisque je crois que M. BERNARD a pris la seconde aie de la bande, également intense mais plus réfrangible.

HARLEM, 27 Mai 1867.

NOTE SUR LA

RÉFRACTION ET LA DISPERSION

DU

FLINT-GLASS,

PRÉSENTÉE À MM. LES DIRECTEURS DE LA FONDATION

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. Pendant l'été de l'année précédente je me suis occupé à fixer, pour deux prismes de flint-glass de qualité supérieure, les indices de réfraction correspondants aux différentes raies que j'avais déterminées antérieurement dans le spectre de Fraunhofer. Bien que les circonstances atmosphériques n'aient pas été particulièrement favorables à ce genre de recherches, j'ai pourtant rassemblé des données numériques en nombre suffisant pour qu'il vaille la peine, je pense, de les soumettre à la discussion.

Le premier des deux prismes dont je me suis servi est un prisme de Steinheil, marqué N°. II parce que, pour mon Mémoire sur la détermination des longueurs d'onde, j'avais déjà fait usage d'un autre prisme de Steinheil, que je désignerai dorénavant par le numéro I.

La mesure de l'angle réfringent de ce prisme Steinheil N°. II donna:

26 Sept. Temp. de l'air ambiant = 21°,5 C	46° 52′ 10″,4
	— — 10,8
	— — 20,4
2 Oct. Temp. de l'air ambiant = 18°,3 C	— — 33,4
	— — 42,6
	— — 37,0
Moyenne	46° 52′ 25″,8

J'ai fait avec ce prisme quatre séries d'observations, aux températures moyennes de l'air ambiant suivantes: 19°,5, 19°,6, 20°,8 et 21,°0.

M. STEINHEIL m'a encore procuré, du même verre dont est fait le prisme, un parallélipipède et une lame mince, dont je compte faire usage pour diverses recherches, et, en outre, un fragment qui pourra convenablement être employé à une analyse chimique.

Le second des prismes sur lesquels j'ai opéré, prisme MERZ N°. I, donna pour l'angle réfringent les valeurs suivantes:

29 Août Temp. de l'air ambiant = 18°,4 C	54° 16′ 42″,0
	— — 50,5
	— — 56,0
	— — 45,3
1 Sept. Temp. de l'air ambiant = 21°,7 C	— — 55,7
	— — 52,9
	— — 48,6
20 Sept. Temp. de l'air ambiant = 16°,7 C	— — 52,7
	— — 54,1
	— — 45,6
Moyenne	54° 16′ 50″,3

J'ai aussi obtenu de M. MERZ, de ce même verre, un parallélipipède et une lame mince, destinés à des observations d'une autre nature, ainsi qu'une quantité de poudre suffisante pour pouvoir exécuter une analyse chimique.

Ce second prisme a également donné lieu à quatre séries de déterminations, aux températures moyennes de l'air ambiant de 17°,0, 16°,5, 20°,0 et 19°,5.

2. Le prisme STEINHEIL II, dans la position du minimum de déflexion, donna pour l'angle de déviation

de la raie 1α . . . . G = 32° 16′ 48″,0
" " " 14γ ou D . . . . G = 32° 51′ 39″,0
" " " 50 . . . . G = 34° 38′ 33″,4

par conséquent $G_{50} - G_{1_\alpha}$ = 2° 21′ 45″,4.

Ainsi que je l'ai dit, quatre séries de mesures ont été prises avec ce prisme. J'ai noté simultanément la température de l'air environnant, que je supposais ne pas devoir s'éloigner beaucoup de la température de la masse du verre, et qui pouvait fournir, en tout cas, un premier élément pour estimer cette température par approximation. Mes registres d'observation contiennent les données relatives au temps, par conséquent l'in-

dication du moment de la journée où régnait dans la chambre la température atmosphérique annotée. Ils m'offrent ainsi le moyen de juger de la marche plus ou moins rapide de cette température, et renferment en outre tout ce qui est nécessaire pour fixer, d'une manière très approchée, l'instant précis de la mesure de l'indice de réfraction.

Ces observations, de même que les suivantes, ont toutes été faites à l'aide du spectromètre de MEYERSTEIN et d'après la méthode de NEWTON, c'est-à-dire en installant le prisme au minimum de déflexion pour la raie considérée.

Le tableau contient, pour 54 points différents, les valeurs moyennes des quatre séries, ainsi que la comparaison de l'observation avec la théorie, c'est-à-dire avec les formules de M.M. BRIOT et CHRISTOFFEL:

$$n = \frac{2\,A}{\sqrt{\left(1+\frac{B}{\lambda}\right)}+\sqrt{\left(1-\frac{B}{\lambda}\right)}} = \frac{2 \times 1{,}588221}{\sqrt{\left(1+\frac{1970{,}7}{\lambda}\right)}+\sqrt{\left(1-\frac{1970{,}7}{\lambda}\right)}}$$

et avec celle de CAUCHY:

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$$

$$= 1{,}588871 + \frac{728800}{\lambda^2} + \frac{20600 \times (10)^8}{\lambda^4}$$

dans lesquelles n signifie l'indice de réfraction, et λ la longueur d'onde correspondante.

C'est par la méthode des moindres carrés que l'expérience a été comparée ici à la théorie et que les valeurs les plus probables des coefficients ont été établies. Les sommes des carrés des écarts restants (je ne dis pas des erreurs) mettent de nouveau hors de doute que la formule de CAUCHY, à trois coefficients, mérite la préférence sur celle de M. BRIOT à deux coefficients indéterminés. Ces écarts restants sont le résultat de l'addition des différences entre la nature et la théorie et des erreurs accidentelles dont les observations restent inévitablement entachées. Il faut donc bien se garder de les mettre en entier sur le compte de l'inexactitude des observations.

Par suite, probablement, de la saison avancée dans laquelle les observations ont eu lieu, je n'ai pu apercevoir la raie 51α, H de FRAUNHOFER.

3. Le prisme MERZ I fournit au minimum de déflexion les valeurs suivantes pour l'angle de déviation:

raie 1α . . . . G = 50° 21′ 35″
" 14γ ou D. . . . G = 51° 47′ 17″
" 46 . . . . G = 56° 20′ 32″

d'où $G_{46} - G_{1_a} = 5° \; 58' \; 57'',0$; résultats qui mettent suffisamment en évidence la grande puissance réfractive et dispersive de la matière de ce prisme.

Les quatre séries de mesures que j'ai exécutées avec ce prisme sont consignées dans le Tableau, ainsi que les températures correspondantes de l'air ambiant, toutes relatives au moment même de l'observation. La cinquième colonne donne les moyennes des colonnes I et IV, la sixième les moyennes des colonnes II et III. Dans la septième colonne se trouvent les moyennes de ces quatre premières colonnes, réduites à une température uniforme de l'air ambiant = 20°,0 C. Pour abréger, j'ai omis les trois premiers chiffres de l'indice de réfraction dans les colonnes deuxième à sixième.

La dernière colonne présente, sous les lettres B, C et A, la comparaison de l'expérience avec la théorie; d'abord avec la formule déjà citée de M. Briot,

$$n = \frac{2\,A}{\sqrt{\left(1+\frac{B}{\lambda}\right)} + \sqrt{\left(1-\frac{B}{\lambda}\right)}},$$

qui donne ici:

$$n = \frac{2 \times 1{,}711887}{\sqrt{\left(1+\frac{2436{,}5}{\lambda}\right)} + \sqrt{\left(1-\frac{2436{,}5}{\lambda}\right)}};$$

ensuite avec la formule de Cauchy,

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4},$$

qui donne ici:

$$n = 1{,}714394 + \frac{1100580}{\lambda^2} + \frac{64282 \times (10)^8}{\lambda^4};$$

enfin avec la formule de Cauchy étendue par l'adjonction d'un quatrième terme,

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4} + \frac{D}{\lambda^6},$$

qui donne ici:

$$n = 1{,}714421 + \frac{1102880}{\lambda^2} + \frac{62649 \times (10)^8}{\lambda^4} + \frac{200750 \times (10)^{12}}{\lambda^6}.$$

Les sommes des carrés des écarts restants montrent de suite que la première formule ne satisfait pas à l'observation avec le degré de précision nécessaire.

La troisième formule, dans laquelle j'essayai d'ajouter un quatrième

terme à l'expression de CAUCHY, C, ne donne pas un meilleur accord que celle-ci. Nous pouvons donc, ici encore, nous en tenir provisoirement à cette formule à trois termes de CAUCHY; toute complication nouvelle est inutile.

L'effet de l'introduction de nouveaux termes se manifeste déjà, à un faible degré, dans la formule A, par un résultat qui pouvait être prévu. Les erreurs, ou plutôt les écarts, diminuent en valeur absolue, abstraction faite des signes, à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, et sont au contraire accumulées et amplifiées au côté le moins dévié Et il ne pouvait guère en être autrement: des termes affectés de quantités telles que $\frac{1}{\lambda^4}$, $\frac{1}{\lambda^6}$, etc. doivent avoir naturellement une valeur beaucoup plus faible pour les rayons les moins réfrangibles, puisque la valeur de λ est plus grande pour ces rayons que pour les radiations d'une réfrangibilité plus forte. Ces termes supérieurs n'ayant ainsi qu'une très petite influence pour les rayons les moins réfrangibles, l'adjonction d'un terme de cette espèce n'apportera au résultat du calcul que fort peu de changement pour ces rayons, mais relativement beaucoup pour les rayons les plus réfrangibles. On ne gagne donc rien à l'introduction de pareils termes supérieurs, et cette conclusion ressortira avec d'autant plus d'évidence qu'on tiendra compte de puissances plus hautes de λ. Une semblable extension de la formule manquerait, en définitive, entièrement son but.

D'un autre côté, pourtant, je ne me crois pas autorisé à compléter la formule, comme M. MASCART l'a essayé, par des termes qui, renfermant λ^2, λ^4, etc. au numérateur, pourraient naturellement compenser l'influence dont il vient d'être question; de plus je ne voudrais pas le faire, par ce motif que je ne vois pas comment, en partant de principes mécaniques, on pourrait légitimer théoriquement une pareille formule.

4. C'est à dessein que j'ai communiqué, pour ce second prisme, mes quatre séries d'observations. Transportons provisoirement au prisme la température de l'air environnant, ce qui ne peut pas s'écarter beaucoup de la vérité puisque le verre a assez de temps pour se mettre en équilibre de température avec l'air, alors nous verrons se trahir le fait, découvert par M. FIZEAU [1]), d'un accroissement de l'indice de réfraction avec la température, qui se vérifie de nouveau ainsi pour le verre de ce prisme. En second lieu, il paraît résulter de mes observations que ce changement de l'indice de réfraction dépend de la lon-

[1]) POGGENDORFF's *Annalen*, T. CXIX, p. 87, et 297.

gueur d'onde, et devient d'autant plus grand que la longueur d'onde elle-même est plus petite. Cette relation est mise en évidence par le tableau suivant, obtenu simplement par la combinaison des résultats qui appartiennent à chaque groupe de cinq raies successives:

n	*v*	*v'*	V
1,73643	— 3,1	— 6,3	— 4,9
1,74317	+ 2,3	— 1,0	+ 0,7
1,74732	+ 2,2	+ 0,4	+ 0,9
1,75112	+ 3,8	— 0,6	+ 1,6
1,75804	+ 5,7	+ 1,3	+ 3,5
1,76281	+ 4,7	— 0,7	+ 2,0
1,76518	+ 7,0	— 2,2	+ 2,4
1,77059	+ 5,4	+ 4,2	+ 4,8
1,78667	+ 9,9	+ 2,6	+ 6,3
1,79535	+ 15,8	+ 2,3	+ 8,6
1,80169	+ 16,9	— 0,2	+ 8,3

Voici comment cette combinaison a été faite. Les résultats des séries I et II ont été réunis, ainsi que ceux des séries III et IV; les indices de réfraction des deux séries moyennes ainsi obtenues ont été retranchés l'un de l'autre, de même que les températures correspondantes; enfin, à l'aide de ces différences des indices et des différences des températures, on a calculé le changement de l'indice de réfraction pour une différence de température de 10° C, changement pris positivement lorsque l'indice s'accroît à mesure que la température s'élève. Le tableau donne cet accroissement *v* en unités de la cinquième décimale de l'indice de réfraction. Tous les nombres sont les moyennes des résultats appartenant à cinq raies successives, sauf le premier, qui résulte des quatre premières, et le dernier qui repose sur la moyenne des deux dernières raies seulement.

Il me semble que l'accroissement du changement en question, à mesure que la longueur d'onde diminue, ressort de ce tableau d'une manière irrécusable. Je ne trouve dans la minute de mes observations aucune raison plausible de mettre en doute la validité de ce résultat. Pour autant que les circonstances le permettaient, j'ai toujours fait alterner les observations de telle sorte que, débutant par la raie 46 le jour de la série I, je commençais par la raie 1 le jour de la série II, ou réciproquement; la même précaution, c'est-à-dire la même alternation a été observée à l'égard des séries III et IV. — En outre chaque série distincte était obtenue en allant p. e. de la raie 46 à 1, puis retournant im-

médiatement de 1 à 46, et prenant la moyenne des observations de la même raie. — A l'aide de ce système rationnel de compensation, je crois être parvenu, en grande partie, à écarter les objections qui pourraient être empruntées à la circonstance que le verre ne saurait prendre instantanément la température de l'air.

Pour soumettre le fait à une nouvelle épreuve, j'ai opéré sur les cinquième et sixième colonnes, qui sont les moyennes des séries I et IV, II et III, de la même manière que je viens de le dire pour les moyennes des séries I et II, III et IV. Les nombres ainsi obtenus pour les changements de l'indice de réfraction correspondants à un accroissement de température de 10°, se trouvent dans la colonne v' du tableau précédent La colonne V du même tableau donne les moyennes des colonnes v et v'; elle montre, avec encore plus de netteté et de régularité que la colonne v, la marche que suit la variation de l'indice dont nous nous occupons.

Une dernière combinaison pourrait être essayée, savoir celle de $\frac{1}{2}$ (I + III) et $\frac{1}{2}$ (II + IV); comme celle-ci ne ferait que confirmer la marche qui ressort des deux combinaisons dont les résultats viennent d'être donnés, je me suis abstenu de cette nouvelle opération. L'accord très satisfaisant des colonnes 5me et 6me, c'est-à-dire de $\frac{1}{2}$ (I + IV) et $\frac{1}{2}$ (II+III), témoigne du reste en faveur de l'exactitude de mes observations.

En résumé, on peut regarder, avec beaucoup de probabilité, l'accroissement de l'indice de réfraction avec la température comme dépendant de la longueur d'onde et comme augmentant à mesure que celle-ci décroît. Si donc M. Fizeau, au lieu d'opérer avec la lumière jaune de la raie D de Fraunhofer, avait expérimenté avec la lumière violette de la raie H, il aurait trouvé très probablement une plus grande variation de l'indice de réfraction avec la température.

D'un point de vue théorique, il faut reconnaître qu'un accroissement de l'indice de réfraction, accompagnant la dilatation du verre, offre bien peu de vraisemblance; la cause du phénomène paraît se trouver plus profondément et être en relation avec l'état de trempe, ou de tension et d'élasticité, de la masse solide; on pourrait même très bien concevoir que cet accroissement de l'indice avec la température s'élevât d'une manière continue pour des longueurs d'onde de plus en plus petites, tandis qu'à l'autre extrémité du spectre, pour des longueurs d'onde successivement croissantes, il finirait, au contraire, par passer à l'état négatif, c'est-à-dire à l'état normal.

On serait peut-être tenté de supposer que dans la dilatation d'un corps de forme prismatique, comme la masse de verre employée, l'angle réfringent

Prisme de Steinheil No. II.

m
n
c
ra
in

ci
l'
u
p
ac
ta
d
ré
d

½
la
d
s
te

c
d
d
D
il
d

d
bi
pl
te
c
d'
p
d'
à

d

urrait éprouver une modification telle, qu'elle suffise à expliquer la férence qu'on trouve pour l'indice de réfraction calculé dans l'hypoèse d'une valeur constante de cet angle. C'est pour cela qu'en mesunt l'angle réfringent j'ai pris également, comme on l'a vu plus haut, température de l'air environnant; mais je ne trouve pas entre les leurs de l'angle des différences assez fortes pour que les erreurs d'ob-vation ne puissent parfaitement en rendre compte. Du reste, des servations suivies pourront facilement résoudre la question, et décider le fait que je signale, celui d'une augmentation de la variation pour s longueurs d'onde décroissantes, est réel ou non; il est aisé et nple en effet, de mesurer à la même température, et presque simulnément, les indices des rayons les plus réfrangibles et ceux des rayons moins déviables.

5. Il est assez curieux de remarquer la grande approximation qui iste entre les valeurs du coefficient A dans les formules B et C, pour prisme STEINHEIL II; cette approximation se retrouve pour le isme STEINHEIL I, comme on peut le voir dans mon mémoire écédent, mais elle est beaucoup moins frappante pour le prisme ERZ I. Il paraîtrait que l'écart entre ces coefficients augmente quand réfraction et la dispersion s'élèvent, et diminue au contraire lorsque s deux éléments décroissent; on peut supposer que les deux coeffients ne deviendraient tout-à-fait identiques que par la disparition ou évanouissement complet de la dispersion. — Les développements de M. RIOT [1]) tendent à établir que la première constante de la formule de AUCHY doit être parfaitement égale à la constante du numérateur de formule de M.M. BRIOT et CHRISTOFFEL.

6. La Société Batave de philosophie naturelle, à Rotterdam, et la ociété Hollandaise des Sciences, à Harlem, ont, dans ces dernières nées, mis au concours des questions relatives à la détermination des dices de réfraction de différentes substances, y compris le flint-glass, ec indication de la composition chimique. L'Academie des Sciences Paris a eu la bonne fortune de pouvoir couronner cette année deux émoires dans lesquels les densités et les températures du verre étaient onnées en même temps que les indices de réfraction. La composition chiique de la masse vitreuse reste toujours un point d'une grande importance; ais, ainsi que me le faisait remarquer avec raison M. S. MERZ, que avais consulté à ce sujet, le degré de trempe ou de tension du verre, qu'on peut appeler la constitution physique de la masse, aura une

[1]) *Essais sur la théorie de la lumière*, p. 94 et 95.

influence considérable sur la réfraction et la dispersion. M. le professeur VAN KERCKHOFF, de Groningue, a bien voulu me promettre de faire l'analyse des deux sortes de verre dont je me suis servi pour les recherches actuelles, mais à condition de pouvoir s'attacher plus à l'étude spéciale de la constitution physique des échantillons et de la manière dont les éléments chimiques sont groupés dans la masse, qu'à celle de la composition quantitative. Je ne doute pas que les résultats de cet examen ne soient dignes d'intérêt, et ils seront communiqués dans ces Archives.

Si, avec le prisme MERZ I, je n'ai pu aller plus loin que la raie 46, je crois devoir en chercher la cause non-seulement dans l'époque avancée de l'année, mais aussi dans le pouvoir absorbant du verre, qui présentait une coloration verte, plus prononcée qu'on ne l'observe habituellement dans le flint-glass. Cette coloration résulte, naturellement, de la présence en forte proportion du plomb; si j'osais risquer une conjecture à ce sujet, je demanderais si le plomb, qui, dans l'analyse spectrale, donne de si belles raies dans le bleu et dans le violet, ne pourrait pas exercer déjà un pouvoir absorbant sur cette espèce de lumière, à l'état de division extrême où il existe dans le verre?

7. A l'imitation d'autres auteurs, j'ai donné à la formule à 3 termes, à 3 constantes par conséquent, le nom de CAUCHY, bien que ce savant n'ait employé primitivement que deux termes Mais sa théorie se prête très bien à l'adjonction de termes supérieurs, par l'adjonction de termes d'un plus haut degré dans les équations différentielles. La même remarque s'applique à la théorie de M. BRIOT, qui pourra fournir également une formule renfermant un nombre plus considérable de termes, ou, pour parler plus exactement, de coefficients indéterminés. Mes observations ne prouvent donc pas, comme on pourrait l'inférer peut-être de ce que j'ai dit en divers endroits, que les considérations théoriques de M. BRIOT doivent être rejetées pour laisser le champ à celles de CAUCHY; mais elles démontrent que l'expérience exige un plus haut degré d'exactitude de la théorie en général, et qu'elle ne peut plus se contenter d'une formule à deux constantes, comme celle de MM. BRIOT et CHRISTOFFEL ou comme la formule primitive de CAUCHY.

La formule de MM. BRIOT et CHRISTOFFEL donne, quand on la développe:

$$n = A + \frac{1}{8}\frac{AB^2}{\lambda^2} + \frac{7}{128}\frac{AB^4}{\lambda^4} + \frac{33}{1024}\frac{AB^6}{\lambda^6}.$$

C'est-à-dire, avec les valeurs de A et B rapportées plus haut:

$$n = 1{,}71187 + \frac{1270332}{\lambda^2} + \frac{32842 \times (10)^8}{\lambda^4} + \frac{11542 \times (10)^{15}}{\lambda^6}.$$

La formule de CAUCHY, que je préfère écrire en représentant les coefficients par des petites lettres, devient

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}.$$

Si dans cette expression on déduit le dernier terme des deux premiers, d'après la formule de M. BRIOT, on obtient:

$$n = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{7}{8}\frac{b^2}{a\lambda^4};$$

ou, avec les valeurs assignées précédemment à a et b,

$$n = 1{,}714394 + \frac{1100580}{\lambda^2} + \frac{24786 \times (10)^8}{\lambda^4}.$$

HARLEM, 29 Mai 1867.

MÉMOIRE

SUR LA

DÉTERMINATION DES INDICES DE RÉFRACTION

ET SUR LA

DISPERSION

DES MÉLANGES D'ACIDE SULFURIQUE ET D'EAU,

PRÉSENTÉ À MM. LES DIRECTEURS DE LA FONDATION

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Introduction.

1. Le présent mémoire renferme le résumé d'un travail très considérable, qui date du temps où j'étais encore professeur de physique à l'Athénée de Deventer, et qui a été exécuté à la campagne, à Twello, pendant les vacances d'été de trois années consécutives. Puisse le résultat de ce travail ne pas être jugé tout à fait indigne du temps et de la peine que j'y ai consacrés.

La physique est entrée définitivement dans une phase nouvelle, préparée depuis longtemps par les recherches de Fraunhofer sur la réfraction, par celles de Gauss et Weber sur le magnétisme terrestre et les courants galvaniques, etc. C'est la phase de l'exactitude et de la précision.

Durant une longue période, l'astronomie s'était contentée de nombres d'une approximation douteuse, lorsque parut, au commencement de ce siècle, une suite d'hommes tels que Gauss, Bessel, Schumacher, Encke, Struve, qui apportèrent aux observations une exactitude supérieure, et exigèrent des instruments un degré de précision inconnu jusqu'alors, que des constructeurs tels que Utschneider, Fraunhofer, Ertel, Merz, Repsold, Pistor et Martins parvinrent à réaliser.

Ce même degré d'exactitude dans les déterminations numériques et dans les instruments destinés à les fournir, la physique le réclame aujourd'hui. Elle imposera bientôt aux observateurs la même précision,

que sa sœur aînée l'astronomie. Il est temps de mettre fin aux spéculations aventureuses, aux expériences faites au hasard, dans l'espoir de quelque rencontre heureuse, si l'on veut que la physique prenne un jour un caractère purement mathématique. A la honte de notre science actuelle, on ne tardera pas à reconnaître que trop longtemps on s'est fait, si j'ose m'exprimer ainsi, un amusement des phénomènes du galvanisme, de l'électricité et du magnétisme, auxquels en définitive on comprenait si peu de chose, et qu'on a perdu dans ces exercices stériles un temps précieux, qui aurait été employé plus utilement à fixer avec exactitude ne fût-ce qu'un petit nombre des grandeurs et des constantes de la science. Combien de recherches, par exemple, n'ont pas été faites déjà sur l'élasticité, et, en dépit de ces travaux, que savons-nous au juste sur cette matière? Combien sont pauvres encore les notions acquises sur la résistance que l'air oppose aux corps en mouvement, et sur les modifications que ce mouvement en éprouve, sur la résistance que les liquides apportent aux mouvements des corps, sur le mouvement et le frottement des liquides qui parcourent des canaux, etc.? Que connaissons-nous au sujet de la constitution et du mode d'agrégation des corps solides? Voilà un vaste champ d'exploration, où chaque pas promet une découverte, où chaque chiffre déterminé avec précision aura une importance considérable et dévoilera une vérité nouvelle. Pour ce qui me concerne, au moins, j'avoue que j'aime mieux me mouvoir sur ce terrain solide que de passer des heures entières, par exemple, à examiner une étincelle électrique, dont la nature n'en restera pas moins un mystère impénétrable. Un seul nombre exactement déterminé a pour la science une valeur durable, tandis que mainte découverte, annoncée avec fracas dans le domaine du galvanisme, de l'électro-magnétisme ou de telle autre catégorie de phénomènes, est souvent emportée par les progrès ultérieurs de nos connaissances.

2. C'est à ce point de vue que je me suis placé dans mes recherches; j'ai tâché d'y appliquer les méthodes d'observation et de calcul auxquelles je fus initié jadis par les leçons et l'exemple d'un astronome éminent, M. le professeur Kaiser. Dans le modeste travail que je présente en ce moment, je n'avais d'abord pour but que de vérifier les indices de réfraction de l'eau pure et d'un petit nombre de mélanges d'eau et d'acide sulfurique; mais une fois engagé dans ces déterminations, je m'y suis avancé de plus en plus, et finalement, ne voulant pas laisser mon travail incomplet, j'ai été entraîné à lui donner l'extension dont on pourra juger plus loin. Le loisir m'a manqué ensuite pour mettre promptement en œuvre les matériaux rassemblés, et ce n'est qu'aujourd'hui

que j'ai pu terminer la recherche laborieuse des dernières corrections à apporter à mes observations. Obtiendrai-je, comme prix de mes efforts, autre chose qu'un sourire de commisération pour le physicien qui a pu consacrer plusieurs vacances à un sujet si simple et si aride, alors que la science lui offrait tant de phénomènes brillants à étudier?

Les Instruments.

3. Un premier mémoire que j'avais composé sur les indices de réfraction des mélanges d'acide sulfurique et d'eau a paru dans les Mémoires de l'Académie royale des sciences des Pays-Bas; un second travail sur cette question a été lu et offert par moi au même corps savant; mais, du consentement de l'Académie, j'ai retiré cette seconde partie, afin de la publier dans ces Archives, conjointement avec la première partie déjà parue, et avec une troisième, qui devait compléter mon travail. On trouvera donc ici l'ensemble de mes recherches, dont j'avois voulu d'abord faire l'objet de trois mémoires distincts.

Les instruments dont je me suis servi sont les suivants:

Un spectromètre de M. MEYERSTEIN de Goettingue, à cercle divisé d'un diamètre de 10 pouces de Paris, donnant les 2″ à l'aide de deux microscopes placés diamétralement.

Un prisme creux pour contenir les liquides, à faces de glace parallèle formant un angle d'environ 34° 15′. Ce prisme sortait également des ateliers de M. MEYERSTEIN.

Une petite balance de M. BECKER d'Arnhem, dont le fléau a une longueur de 25 centimètres, et qui est encore sensible à ¼ de milligramme; j'ai fait ajouter à cette balance un petit plateau pour les pesées hydrostatiques.

Une collection de poids de M. OLLAND d'Utrecht.

Ces divers appareils m'appartiennent en propre; mais je me propose de les transférer plus tard au Musée Teyler, comme pouvant servir à l'appréciation critique du présent travail et des recherches que je pourrai entreprendre ultérieurement.

Un héliostat, d'après FAHRENHEIT, à double reflexion, construit par M. MEYERSTEIN.

Un thermomètre de M. TONNELOT de Paris, divisé en cinquièmes de degrés de l'échelle centigrade.

Un thermomètre de M. WENCKEBACH d'Amsterdam, donnant les demi-degrés de la même échelle.

Un thermomètre de M. GEISSLER de Bonn, indiquant, comme le premier, les cinquièmes de degré.

Ces instruments sont la propriété de la Société physico-chimique de Deventer et font encore partie du cabinet de cette société.

4. Pour donner une idée nette de la construction du spectromètre [1]) je ne puis mieux faire que d'emprunter au mémoire même de M. MEYERSTEIN (*Das Spectrometer*, p. 7 et suiv.) la description et les figures de l'instrument.

La fig. 1 en représente une coupe verticale dirigée suivant la ligne *a b* de la projection horizontale fig. 2. Les mêmes parties sont indiquées par les mêmes lettres dans les deux figures. *A* (fig. 1) est le pied à trois branches en fer, avec la douille *B* destinée à recevoir l'axe de rotation *D* du cercle *K*. Le support coudé *C* est uni intimement avec la douille *B*. Sur ce support sont montés les coussinets *L* et *L'*, ainsi que les microscopes, qui servent à la lecture des divisions du cercle principal. En dessous du cercle principal est vissé un bras plus long que le rayon de ce cercle, et faisant par suite saillie au-delà du limbe, comme on le voit fig. 2 en I. Ce bras est représenté séparément au-dessus de cette projection horizontale de l'instrument. Dans l'ouverture *i* s'adapte un pivot cylindrique, qui soutient des coussinets *L'*, semblables à ceux qui sont déjà fixés, en *L* et *L''*, au support *C*; le pivot peut être serré contre le bras au moyen de la vis *S*. Les paires de coussinets aux bras *L*, *L'* et *L''* servent toutes trois à soutenir les axes des tubes *F* et *F'*. Ces axes sont fixés aux tubes de la manière usitée pour les instruments astronomiques, et leurs tourillons cylindriques s'ajustent exactement dans les coussinets en forme de Y. A travers les prolongements *N M*, *N' M'* des pièces sur lesquelles s'élèvent les coussinets passent des vis micrométriques, qui se terminent supérieurement en une pointe d'acier trempé, sur lesquelles reposent en s'appuyant les tubes *F* et *F'*, et qui servent à amener ces tubes dans la position horizontale. Le tube *F* est armé à l'une de ses extrémités d'un objectif achromatique, au foyer duquel se trouve, à l'autre extrémité du tube, la fente *P*, destinée au passage de la lumière. Cette fente est formée par deux petites plaques, qui se déplacent au moyen de vis micrométriques et de ressorts, de sorte qu'on peut, à volonté, élargir ou rétrécir la fente.

La lunette d'observation proprement dite est le tube *F'*, dont l'axe horizontal est placé dans la figure sur les coussinets *L''* du bras invariablement fixé au cercle. Le tube *F* reposant de son côté sur les coussinets *L*, il est

[1]) POGGENDORFF's *Annalen*, T. XCVIII, p. 98. — *Das Spectrometer*, Goettingue, 1861.

facile, en partie par la rotation du cercle *K* autour de son axe, en partie par la rotation de la lunette autour du pivot qui passe par *i*, de faire en sorte que les axes optiques des tubes *F* et *F'* soient situés dans un même plan vertical. Il est à peine nécessaire de dire que le cercle se laisse relier solidement au support ou bâtis *C* par une vis de serrage, ce qui permet d'achever alors son mouvement de rotation par le déplacement micrométrique d'une vis tangentielle. Dans le creux conique, qui termine supérieurement l'axe *D*, s'ajuste exactement un pivot en acier *d* sur lequel est monté le petit cercle *k*. Au moyen d'une vis de serrage et d'une vis micrométrique tangentielle *W*, on peut relier ce petit cercle au grand, puis le faire mouvoir lentement autour de son axe pour l'amener avec précision dans la position convenable. Une pièce *R*, fixée sur le grand cercle, porte l'index ou le vernier qui sert à lire la graduation du petit cercle. Sur ce dernier cercle est placée une petite table ou plate-forme *T*, pourvue de trois vis calantes écartées de 120°, et qui supporte à son tour le prisme ou l'objet quelconque qui doit être employé aux observations. La surface supérieure du cercle présente trois petits enfoncements qui reçoivent les vis calantes de la petite table. Sur la face supérieure de cette table est fixé un mince ruban métallique *m*, dont un des bords est rigoureusement droit et passe précisément par le centre de la table.

Il est nécessaire que l'arête réfringente et les faces latérales du prisme, ou les arêtes et faces des lames, soient placées parallèlement à l'axe du cercle, et que l'axe optique de la lunette lui soit perpendiculaire. Pour réaliser ces dispositions on se sert d'une petite lame de glace, dont les faces planes soient rigoureusement parallèles, ou, si cette condition n'est pas remplie, dont l'inclinaison des faces ait été mesurée exactement, afin qu'on en puisse tenir compte comme correction à appliquer ultérieurement à la position des axes optiques. On pose cette lame de glace sur la petite table T de manière que ses faces y soient perpendiculaires, ou, si leur parallélisme n'est pas parfait, de manière que le plan bissecteur de l'angle dièdre qu'elles forment soit perpendiculaire et l'arête de cet angle perpendiculaire ou parallèle à cette table. Pour cela, on observe alternativement sur l'une et l'autre face de la glace, en tournant le petit cercle de 180°, l'image réfléchie du réticule de la lunette, rendue visible comme il va être dit tout à l'heure, et on corrige successivement, à l'aide des vis calantes de la petite table, la position de la glace jusqu'à ce que le réticule reste parallèle à son image et situé du même côté (en dessus ou en dessous); on est assuré alors que les faces de la glace sont dirigées parallèlement à l'axe du cercle, ou — si elles

inclinent l'une vers l'autre — qu'elles forment des angles égaux avec cet axe. Arrivé à ce point, il faut, en manœuvrant la vis *n* de la lunette, amener l'axe optique de celle-ci à être perpendiculaire à l'axe du cercle. Pour que ce résultat soit atteint, il suffira dans le cas le plus simple, celui d'une glace exactement parallèle, que le fil horizontal du réticule et son image réfléchie coïncident sur chacune des deux faces. Il en est de même lorsque, les surfaces réfléchissantes inclinant l'une vers l'autre, la droite d'intersection est perpendiculaire à la plate-forme, auquel cas on ne remarque même pas le défaut de parallélisme de la glace. Mais si la ligne d'intersection des miroirs, c'est-à-dire des faces de la lame de glace, est dirigée parallèlement à la plate-forme, le fil horizontal du réticule vu directement doit être amené, dans le champ visuel, à la même distance au-dessus ou au-dessous du fil réfléchi, pour chacune des deux positions successives. En imprimant à la lunette, au moyen de la vis *n*, un petit mouvement de rotation autour de l'axe horizontal par lequel elle repose sur les coussinets, on effectue promptement la correction exigée; la condition de perpendicularité entre l'axe optique de la lunette et l'axe du cercle sera alors obtenue, comme celle relative à l'installation de la glace parallèle l'avait déjà été précédemment.

Il résulte de la construction même de l'instrument que lorsque le grand et le petit cercle sont amenés tous deux au zéro, le bord du ruban métallique *m* fixé sur la plate-forme, et par suite toute surface plane appliquée exactement contre ce bord, se trouve à peu près perpendiculaire à l'axe de la lunette. L'axe optique de la lunette et l'axe du tube d'illumination sont alors aussi à peu près dans le même plan vertical. Mais pour pouvoir atteindre une précision absolue dans l'orientation de l'axe optique de la lunette, normalement aux faces latérales des prismes ou à des surfaces réfléchissantes en général, en même temps que dans l'installation de celles-ci parallèlement à l'axe du cercle, la lunette a reçu la disposition particulière suivante à laquelle il a été fait allusion plus haut. La lunette est pourvue d'un oculaire renfermant, sous un angle de 45°, une lame de glace parallèle qui reçoit, par une ouverture pratiquée latéralement, la lumière d'une petite lampe, et la réfléchit sur le réticule de l'oculaire, lequel se trouve ainsi éclairé. On peut voir directement à travers ce miroir transparent, de sorte que si les normales aux faces du prisme ou de la lame qui se trouve sur la plate-forme ne s'écartent pas trop de l'axe optique de la lunette, on observera, avec un éclairage suffisant, une image réfléchie du réticule due à la face miroitante du prisme. On fera marcher la vis micrométrique tangentielle du petit cercle *k* jusqu'à ce que les fils verticaux réfléchis

recouvrent ceux vus directement dans l'oculaire. — Si maintenant, à l'aide de la vis qui passe par *n*, on corrigeait la hauteur de la lunette jusqu'à ce que le fil horizontal et son image coïncident pareillement, on aurait, il est vrai, placé l'axe optique perpendiculairement à la face du prisme. Mais quand, par l'emploi d'une lame de glace parallèle, ainsi qu'il a été expliqué, on a déjà opéré la correction dans la position relative de l'axe optique de la lunette et de l'axe de rotation du cercle, l'écart qui peut encore exister entre le fil horizontal et son image devra, naturellement, être corrigé à l'aide des trois vis calantes de la petite table *T*, ce qui ne demande aucun nouvel éclaircissement, et on se gardera bien de toucher à la vis *n* pour faire cette correction. —

Il est à recommander de choisir la hauteur du prisme de telle sorte que $\frac{1}{4}$ environ de l'ouverture de l'objectif de la lunette reste libre au-dessus du prisme; on a alors l'avantage de pouvoir observer à chaque instant la fente *P* du tube *F*, sans qu'il soit nécessaire de rien changer à la position du prisme, et de pouvoir ramener ainsi l'axe optique de la lunette au point de départ à l'aide de la vis micrométrique du grand cercle *K*. Dans cette situation de la fente, du prisme et de la lunette d'observation, on lit avec soin, au moyen des microscopes ou des verniers[1]), qui donnent les 2", les indications du grand cercle, afin de déterminer la position du Zéro de division ou, pour mieux dire, l'erreur de collimation. Lorsque ensuite on desserre la vis de pression, et qu'on fait tourner le cercle, qui emporte naturellement le prisme et la lunette d'observation, on connaît exactement le point d'où l'on doit partir. La fente est éclairée au moyen de la lumière solaire réfléchie par un héliostat, et la lunette possède deux oculaires de grossissement différent, qui, dès qu'on procède aux observations proprement dites, viennent remplacer l'oculaire à miroir dont on s'était servi précédemment.

Quand il s'agit de mesurer l'angle d'un prisme, on transporte la lunette d'observation sur la seconde paire *L''* de coussinets du support *C*; la lunette est alors en rapport avec le bâtis fixe de l'instrument, et par conséquent tout à fait indépendante de la rotation du cercle. Dans ce cas il est nécessaire, pour que le cercle puisse tourner de 360°, de commencer par retirer de l'ouverture *i* le pivot qui supporte la paire mobile de coussinets *L'*, car cette pièce arrêterait le cercle dans son mouvement.

La mesure de l'angle peut maintenant se faire de deux manières dif-

---

[1]) Pour plus de simplicité la figure ne représente que des verniers; la construction reste d'ailleurs exactement la même quand on les remplace par des microscopes.

férentes. La première méthode consiste à prendre pour objet la fente *P* du tube *F*. On place le prisme dont l'angle doit être mesuré sur la plate-forme, et, ainsi qu'il a été dit plus haut, on rend ses faces perpendiculaires au cercle, de sorte que l'arête devienne parallèle à l'axe de rotation. Cela fait, on tourne le grand cercle jusqu'à ce que l'image réfléchie de la fente arrive, dans la lunette d'observation, en coïncidence parfaite avec le fil vertical; dans cette position on prend note de l'indication du cercle. On recommence ensuite à le tourner jusqu'à ce que la seconde face du prisme réfléchisse à son tour la fente dans la lunette, et quand on a réussi à faire de nouveau tomber exactement le fil vertical sur la fente on fait une seconde lecture du cercle. Si χ est la différence des deux lectures du cercle, l'angle réfringent φ du prisme sera égal à $\pm$ 180° — χ. Comme le petit cercle, sur lequel le prisme repose, peut aussi se mouvoir autour de son axe, tant d'une manière indépendante qu'en participant à la rotation du grand cercle, on peut aussi appliquer à la mesure de l'angle la méthode de répétition, ce qui augmente encore notablement l'exactitude de la détermination. Cette méthode de répétition se laisse également employer dans la seconde manière de mesurer l'angle du prisme. Dans ce second procédé on ne fait usage que d'une lunette, qui doit alors être munie de l'oculaire à glace parallèle dont il a été question plus haut. Le procédé consiste, en effet, à observer l'image réfléchie du réticule illuminé, comme il a été dit, à l'aide d'une petite lampe. Quand la coïncidence du réticule avec son image réfléchie a été obtenue sur une des faces du prisme, on fait la lecture du grand cercle, puis on le tourne jusqu'à ce que la même coïncidence se reproduise sur la seconde face du prisme; on observe de nouveau la graduation du cercle, après quoi l'angle du prisme se trouve exactement comme dans la première méthode, puisque, dans les deux positions, les deux faces dont il s'agit de mesurer l'angle sont venues successivement se placer perpendiculairement à une même ligne, savoir à l'axe optique de la lunette. Pour que la mesure puisse s'exécuter avec précision, il est nécessaire toutefois que les faces du prisme soient parfaitement planes et spéculaires. Pour effectuer commodément l'éclairage des fils, on place la petite lanterne qui renferme la lampe sur une plate-forme portée à l'extrémité d'un bras en bois *V* (fig. 1), qui lui-même est fixé au pied en fer de l'instrument, autour duquel il peut tourner. Ainsi que la figure le montre, la lanterne se laisse élever ou abaisser au moyen de la vis *S*. Comme en outre, lorsque la lunette doit servir à des mesures d'indices de réfraction, et qu'elle repose par conséquent sur les coussinets auxiliaires *L'*, la distance de l'oculaire au

centre du cercle est plus petite que lorsque la lunette est supportée par les coussinets fixes L'', pour la détermination des angles des prismes, la plate-forme S peut s'éloigner ou se rapprocher du centre de l'instrument en faisant glisser l'une dans l'autre les deux pièces v et v' dont se compose le bras en bois.

5. L'héliostat de FAHRENHEIT, tel que le construit M. MEYERSTEIN, est représenté dans la figure 3. a représente un axe, qui doit être placé parallèlement à l'axe de la terre, et qui doit exécuter une rotation en vingt-quatre heures, ce que l'ouvrage d'une bonne montre de construction ancienne suffit à réaliser. Pour cela, on fixe simplement sur l'axe une roue v, dont le diamètre et le nombre des dents sont doubles de ceux de la roue des heures, et qui engrène avec la roue latérale servant à transporter le mouvement de l'axe des minutes à celui des heures. Sur le support T, qui fait corps avec une forte plaque de fer à trois vis calantes, est fixée la montre et repose en même temps le pivot inférieur de l'axe; la petite colonne S fournit le point d'appui au pivot supérieur. Sur le prolongement de l'axe s'ajuste une petite douille h, qui tourne facilement autour de l'axe et peut être serrée au moyen de la vis s. La douille fait corps avec une chape l destinée à recevoir les tourillons autour desquels s'opère la rotation du miroir m de l'héliostat. L'un de ces tourillons porte un index qui marque les divisions du cercle de déclinaison d fixé à la chape; à l'autre tourillon est attaché un contre-poids, ainsi qu'un écrou qui sert à arrêter le miroir dans telle position qu'on désire.

La lumière solaire, que le miroir tournant m réfléchit constamment dans la direction de l'axe du monde, est ensuite ramenée dans une direction horizontale déterminée à l'aide d'un miroir auxiliaire H.

6. Le prisme pour les liquides est en verre noirci; la cavité est fermée de part et d'autre par des disques de verre parallèle; dans le prisme que je possède ces disques n'avaient, toutefois, pas été usés avec assez de soin, de sorte que j'étais obligé, le plus souvent, de les enduire de térébenthine de Venise pour empêcher les fuites, ce qui ne constituait pas un mince danger pour mon instrument dans des expériences où je me servais d'acide sulfurique très-concentré. Quand on veut déterminer l'angle d'un pareil prisme, il est de beaucoup préférable de le remplir préalablement de liquide; en l'absence de cette précaution, la réflexion sur les secondes faces des verres obturateurs donne naissance à des images accessoires gênantes, ce qui a lieu surtout quand c'est la fente, fortement éclairée par la lumière solaire, qui doit être réfléchie sur les faces latérales pour la détermination de l'angle.

Le prisme a par en haut deux ouvertures, dont l'une est spéciale-

ment destinée à livrer passage à un thermomètre, afin qu'on puisse suivre à chaque instant la température du liquide.

La capacité du prisme est d'environ 5 à 6 centimètres cubes.

7. Relativement à la balance et à la série des poids, je n'ai rien de particulier à noter ici.

Quant aux thermomètres, j'ai vérifié pour tous les trois, dans la neige fondante, la position du Zéro de leur échelle. Celui de M. WENCKEBACH, que j'avais jugé tout d'abord devoir être le meilleur, ne fût-ce qu'en raison de son ancienneté relative et de la forme sphérique de son réservoir, fut le seul qui marqua 0° dans la neige fondante; les deux autres s'arrêtèrent un peu plus haut. Celui de M. GEISSLER indiquait en moyenne, aussi à d'autres températures, 0°,45 de plus que celui de M. WENCKEBACH; celui de M. TONNELOT en moyenne 0°,32 de trop.

Le thermomètre de M. GEISSLER fut employé dans les expériences de réfraction, et toutes ses indications furent diminuées finalement de 0°,45.

Le thermomètre de M. TONNELOT servit dans les pesées pour la détermination du poids spécifique, et de ses indications on retranchait en fin de compte 0°,32.

Les deux indications furent ainsi réduites au thermomètre de M. WENCKEBACH. J'étais obligé d'en agir ainsi, ne pouvant faire usage d'un thermomètre à réservoir sphérique, parce qu'un pareil réservoir était trop volumineux, soit pour passer à travers l'ouverture du prisme, soit pour être d'un emploi convenable dans les pesées hydrostatiques. Les quantités de mercure des deux thermomètres de TONNELOT et GEISSLER étant, au contraire, relativement petites, il était bien permis d'admettre qu'ils indiqueraient exactement la température des liquides, auxquels ils ne pouvaient ni soutirer ni communiquer une quantité de chaleur assez grande pour que le simple fait de l'immersion apportât un changement notable à la température.

Dans les déterminations de températures des liquides, surtout de liquides en quantités si minimes, il importe que les différentes couches soient bien mélangées, sans quoi il peut se faire facilement qu'un accroissement de température s'établisse vers la surface, particulièrement quand les liquides restent exposés pendant longtemps à l'action directe des rayons solaires.

Les indices de réfraction.

8. Tous les indices de réfraction ont été déterminés d'après la méthode de NEWTON, c'est-à-dire en ramenant toujours, pour chaque raie, la déflexion au minimum. Comme points du spectre à observer, je choisis en premier lieu les raies déjà dénommées par FRAUNHOFER, auxquelles j'en ajoutai deux autres que je désignai par $\check{G}$ et $\overline{H}$; de cette manière j'obtins 12 points, ce que je jugeai être suffisant. Dans quelques cas seulement, l'une ou l'autre raie additionnelle fut encore mesurée. Pendant les observations le thermomètre était consulté assidûment; après que le prisme avait été rempli et convenablement installé, on attendait régulièrement pendant assez longtemps pour que le liquide pût prendre une température uniforme, et se mettre, autant que possible, en équilibre avec le milieu ambiant. J'ai apporté tous mes soins à préserver les liquides de toute altération et de toute impureté; durant l'expérience, les deux ouvertures supérieures du prisme étaient recouvertes de disques de verre à glace, pour prévenir l'introduction des poussières, et pour empêcher que la composition des mélanges d'acide sulfurique et d'eau ne subît quelque modification par l'absorption de l'humidité atmosphérique.

Chaque série d'observations commençait par une détermination de la température du liquide; on mesurait alors 4 ou 6 raies, suivant les circonstances, après quoi le thermomètre était de nouveau plongé dans le liquide; on continuait ensuite de la même manière. — Ainsi, en procédant par exemple de la raie A jusqu'à H, ou vice-versa, une observation thermométrique au début et une autre à la fin, puis, entre deux, encore 1, 2 ou 3 déterminations de température, respectivement après 6, 4 ou 3 raies, selon que l'opportunité s'en faisait sentir, selon que la série avançait plus ou moins vite et que la température variait plus ou moins rapidement. Chaque fois que le thermomètre était consulté on notait en même temps l'indication de l'horloge, ce qui fournissait un élément précieux pour déterminer plus tard, par interpolation, la température probable de l'instant où chaque raie avait été observée. Lorsqu'il ne survenait aucun accident, aucun retard, une pareille série, de A vers H ou vice-versa, s'achevait en 20″ à 30′. Immédiatement après, je commençais à mesurer en sens inverse, c'est-à-dire de H vers A ou de A vers H; je retrouvais ainsi successivement les mêmes raies et j'obtenais en premier lieu, pour chacune, un utile contrôle. On prenait la moyenne des deux séries, et cette moyenne était considérée comme résultat final pour cette fois-là. Ce sont des moyennes de ce genre qui composent

toutes les colonnes des tableaux que j'ai dressés pour chaque liquide séparément et qu'on trouvera plus loin. Au commencement et à la fin de chacune des doubles séries, et souvent aussi à mi-chemin, la lunette était dirigée sur le collimateur ou la fente éclairée, pour vérifier le zéro ou le point de départ d'où étaient comptées les déviations.

En opérant comme je viens de le dire, une foule de variations de température ont dû nécessairement être éliminées: chaque série rétrograde ayant ses températures propres, tout comme la série progressive qui l'avait précédée, toutes les inégalités de température qui seraient résultées, pour les différentes raies, d'une ascension ou d'une dépression régulière pendant cette période entière, se sont trouvées naturellement compensées, puisqu'on prenait toujours la moyenne de ces deux températures de la même raie; et comme chaque résultat définitif pour une même raie est la moyenne de deux observations primitives, à peu près également éloignées de part et d'autre de l'instant précis du milieu de la double série entière, la conséquence a été que dans les tableaux presque toutes les raies ont obtenu la même température dans la même colonne.

D'après ce que j'ai déjà dit, chaque colonne des tableaux suivants, c'est-à-dire chaque série double complète, fut achevée en 60′ à 70′ environ. Mais mes registres d'observations mentionnent plus d'une déception; ils parlent de ciel couvert, d'état agité de l'atmosphère, et de bien d'autres circonstances imprévues qui vinrent déranger et entraver la marche régulière de mes observations. Combien de temps n'ai-je pas perdu ainsi, temps que je ne pouvais mettre à profit qu'en cherchant de quelle manière j'utiliserais, le plus avantageusement possible, la première occasion favorable qui allait se présenter.

9. Pour chaque mélange l'angle du prisme fut déterminé de nouveau, et on procédait à cette détermination pendant que le prisme était encore rempli du liquide sur lequel on venait de mesurer les déflexions minima. Comme nous l'avons vu plus haut, cette détermination pouvait se faire de deux manières, en prenant pour objet appelé à donner une image réfléchie sur les deux plaques obturatrices du prisme, soit la fente éclairée du collimateur, soit les fils éclairés de l'oculaire. J'appellerai la première manière la méthode I, la seconde la méthode II. Le tableau A renferme toutes les mesures des angles formés par les faces extérieures des plaques obturatrices du prisme; le tableau indique en même temps par les chiffres I ou II la méthode qui a été suivie pour chaque détermination. J'ai trouvé la méthode I la moins exacte, parce que les glaces obturatrices, surtout avec les défauts de parallélisme dont elles

étaient affectées, donnaient lieu sur leur face postérieure à des images diffuses et accessoires de la fente vivement éclairée, images qui rendaient difficile la mesure exacte de l'angle. La méthode II me satisfit mieux, bien que là aussi j'observai de temps en temps de fausses images accessoires, dues aux mêmes causes, et en outre, sans doute, au miroitement des deux faces de la glace parallèle contenue dans l'oculaire. On pourra remarquer dans le tableau que la méthode I a été entièrement abandonnée dans les périodes postérieures de mes recherches.

10. Je crus pouvoir me contenter habituellement, pour un même liquide, de deux séries doubles complètes obtenues à des températures qui différaient un peu notablement. Mais, dans l'ignorance absolue où je me trouvais à l'égard des glaces obturatrices, il était nécessaire de faire une autre suite de déterminations, au moins aussi de deux de ces séries doubles, en mettant les obturateurs dans une position retournée. Pour rendre les résultats indépendants de la forme prismatique que les glaces pouvaient offrir, il fallait en effet, théoriquement, retourner chacun des obturateurs de 180° dans son plan, puis répéter les mêmes mesures avec le même liquide; ou, pratiquement, comme on le verra plus loin, il fallait au moins les tourner d'une quantité suffisante pour que la somme de leur action sur la déviation d'un même rayon, de positive, devint négative. C'est pour cela que dans le tableau on trouve les angles du prisme donnés pour sept positions différentes des plaques obturatrices, ce qui indique que dans le cours entier de mes observations ces plaques ont été tournées six fois dans leur plan, de 180° ou d'une quantité moindre. Je dois dire que je ne m'étais nullement attendu à trouver dans la forme de ces plaques, à faces soi-disant parallèles, une imperfection aussi grave que celle que l'observation y dévoila. Si j'avais à recommencer une série semblable de recherches, je choisirais certainement un autre prisme, ou du moins d'autres obturateurs. Il résulte en effet, avec évidence, de mes observations, que ces plaques étaient des prismes dont l'angle s'élevait à plus de 4'. Heureusement que dès la première série d'observations, l'idée me vint d'essayer de déterminer ces angles directement, ne fût-ce que d'une manière approchée. A cet effet, je plaçai le prisme vide, d'abord dans la position où soit le rayon incident soit le rayon émergent était perpendiculaire à l'un des obturateurs, que j'appellerai A, puis dans la position où l'un de ces deux rayons était normal à l'autre plaque obturatrice, que je désignerai par B; les figures 4 et 5, planche I, représentent ces dispositions. Je déterminai alors la déviation que ce rayon éprouvait par l'action combinée des deux verres; les résultats que j'obtins ainsi pour

les différentes positions des obturateurs figurent au bas des colonnes du tableau, en regard des lettres A et B; ces grandeurs sont données comme positives lorsque la déviation avait lieu dans le même sens que la déflexion, beaucoup plus considérable, imprimée au rayon lumineux par le prisme rempli de liquide. On remarquera que je faisais des progrès à mesure que j'avançais, et que peu à peu j'appris à placer les verres obturateurs de telle façon que les angles A et B, c'est-à-dire les déviations exercées par ces verres sur le faisceau lumineux, devinssent de plus en plus petits. Si, dès le début de mes recherches, mon attention ne s'était pas fixée sur ce point, j'aurais pu hardiment rejeter toutes mes séries d'observations, car un des éléments de correction les plus nécessaires m'aurait fait défaut, et il ne pouvait guère être question d'une compensation convenable en présence du haut degré de précision que la graduation du cercle permettait d'atteindre.

11. Etant connus maintenant les angles de déviation minima pour les différents rayons, les angles du prisme, et en outre les éléments de correction relatifs à la forme prismatique des glaces obturatrices, toutes les données nécessaires pour procéder au calcul des indices de réfraction se trouvent réunies.

L'angle de mon prisme, ne s'élevant qu'à 34° 15', était bien un peu faible, et si aujourd'hui j'avais à faire construire un prisme, je le choisirais à angle plus ouvert; mais n'ayant pas l'occasion d'obtenir immédiatement un nouvel appareil, je dus bien me contenter de celui que j'avais à ma disposition et avec lequel les recherches étaient déjà commencées.

La plus grande déviation pour la raie D de FRAUNHOFER atteignit 15° 50'. La différence de déflexion des rayons extrêmes du spectre, A et H, c'est-à-dire la valeur angulaire du spectre, s'éleva à environ 36' ou un peu plus d'un demi-degré. Mes liquides n'avaient donc qu'une faible dispersion; on voudra bien tenir compte de cette circonstance dans le jugement à porter sur la valeur et l'exactitude de mes observations.

Je vais montrer maintenant, en premier lieu, comment des valeurs A et B, qui se trouvent au bas des colonnes du tableau A, se déduisent les angles qui devaient être attribués aux prismes aigus servant d'obturateurs, dans les différentes positions de ces prismes.

Les figures 4 et 5, planche I, représentent la déviation qu'un rayon, tombant perpendiculairement sur une des faces latérales du prisme, subit en sortant par la seconde face latérale. Les figures se rapportent au cas où les angles des deux glaces prismatiques sont tournés du même côté que l'angle du prisme proprement dit.

Désignons par C et D les deux angles réfringents des petits prismes, par N l'angle du prisme liquide, et par n l'indice moyen de réfraction du verre; on reconnaîtra, en suivant simplement la marche des rayons lumineux à travers le verre, que les angles C et D se déduisent des valeurs A et B au moyen des formules:

$$\left.\begin{array}{l} \sin.\,(N + A) = \sin.\,N + [(n-1)\,C - D]\cos.\,N + n\,D\cos.\,N' \\ \sin.\,(N + B) = \sin.\,N + [(n-1)\,D - C]\cos.\,N + n\,C\cos.\,N' \end{array}\right\}\ (I),$$

dans lesquelles $\sin.\,N' = \frac{\sin.\,N}{n}$, et qui donnent:

$$\left.\begin{array}{l} A\cos.\,N = [(n-1)\,C - D]\cos.\,N + n\,D\cos.\,N' \\ B\cos.\,N = [(n-1)\,D - C]\cos.\,N + n\,C\cos.\,N' \end{array}\right\}\ (II)$$

parce que, A et B étant très petits, comme C et D, la seconde puissance et les puissances supérieures de ces quantités peuvent être négligées tout comme celles de C et de D, et les cosinus de ces arcs peuvent être supposés égaux à l'unité.

Les deux dernières formules prennent la forme définitive:

$$\left.\begin{array}{l} A\cos.\,N = (n-1)\cos.\,N.\ C + (n\cos.\,N' - \cos.\,N)\ D \\ B\cos.\,N = (n-1)\cos.\,N.\ D + (n\cos.\,N' - \cos.\,N)\ C \end{array}\right\}\ (III).$$

En adoptant pour N et n les valeurs $N = 34°\ 15'$ et $n = 1{,}53$, on trouve:

$$\left.\begin{array}{l} A\cos.\,N = 0{,}4401\ C + 0{,}5961\ D \\ B\cos.\,N = 0{,}5961\ D + 0{,}4401\ C \end{array}\right\}\ (IV).$$

Il est facile de passer de ces angles C et D à la grandeur de l'influence exercée par les petits prismes sur la déviation du rayon lumineux pour toute autre direction dans laquelle ce rayon traverse le prisme principal, et par conséquent aussi pour le minimum de déviation, cas où le rayon rencontre les deux prismes, intérieurement, sous le même angle $= \frac{1}{2}$ N.

A la suite des angles A et B, pour les sept positions différentes des verres obturateurs, on trouve au bas du tableau A les valeurs correspondantes de C et D calculées d'après la formule (IV).

Les différents rayons lumineux possédant des indices de réfraction différents, l'influence exercée par les petits prismes sur la déviation principale variera suivant la couleur de la lumière. Dans le calcul des angles de ces prismes d'après les déviations A et B, on pouvait négliger cette inégalité des indices de réfraction pour les divers rayons, parce qu'il ne s'agissait que d'acquérir une connaissance approchée de ces angles réfringents, et il était permis d'adopter comme indice de réfraction de la lumière l'indice du rayon le plus brillant, soit environ le rayon correspondant à la raie D. Le résultat obtenu pour l'angle réfringent doit être nécessairement unique, et il serait absurde de vouloir

ılculer cet angle d'après les indices de la lumière rouge ou bleue, uisqu'il ne saurait être question de dispersion du rayon transmis. Les utes éventuelles qu'on était exposé à commettre ici ne pouvaient donır que des erreurs d'un ordre supérieur dans le résultat final des cherches ultérieures.

Mais il en est tout autrement lorsque, ayant reconnu une valeur éterminée aux angles des deux prismes, on procède au calcul des corctions qui en résultent. C'est précisément cette circonstance qui m'a rêté si longtemps dans la recherche des vraies corrections à introduire: n'avais pas remarqué d'abord qu'il fallait tenir compte des différents dices de réfraction du verre pour les différents rayons, ainsi qu'on le rra clairement dans un instant, quand je donnerai le calcul de la ›rrection.

La figure 6, planche I, représente par la ligne déliée *m*PQZ*n* la ›ute que devrait suivre le rayon lumineux, pour le minimum de déviion, si les obturateurs étaient à faces rigoureusement parallèles; la gne plus épaisse MPQZN indique le chemin tel qu'il était parcouru fectivement par le rayon, par suite de la forme prismatique des obırateurs, c'est-à-dire tel qu'il était modifié par la déviation due leur influence. Or, voici la voie très simple qui m'a conduit à établir correction nécessaire pour obtenir des résultats exacts. De la valeur ouvée pour l'angle que forment les faces extérieures des obturateurs rismatiques, retranchons la somme des angles de ces deux prismes: ›us aurons alors l'angle du prisme liquide proprement dit; d'autre art, de la déflexion observée retranchons la somme des angles *m*PM ; *n*QN, c'est-à-dire la somme des accroissements dus aux deux petits rismes: nous obtiendrons ainsi la déviation exacte, telle qu'elle serait roduite par le prisme liquide seul.

Pour les premières positions des obturateurs on trouve en M, table A, s moyennes des valeurs obtenues, dans ces positions, pour l'angle du risme; plus bas, en M′, ces mêmes moyennes corrigées de C et D, 'est-à-dire avec soustraction de C + D pour la première et addition de ; + D pour la seconde.

Reste à déterminer l'influence exercée par ces angles C et D sur la éflexion de la lumière, c'est-à-dire la somme des angles *m*PM et QN. Si l'on néglige, comme précédemment, les puissances supérieues, à partir de la seconde, d'angles tels que C et D; si l'on adopte e nouveau pour l'angle réfringent du prisme N = 34° 15′; si l'on omme *r* l'indice de réfraction du liquide pour la lumière d'une ceraine longueur d'onde, *n* l'indice de réfraction du verre pour cette même

lumière, enfin T la correction cherchée, celle-ci résultera de cette suite de formules :

$$\sin. \, F = r \sin. \frac{1}{2} N,$$

$$\sin. \, F' = \frac{r}{n} \sin. \frac{1}{2} N,$$

$$G = (F' + C) \text{ et de même } H = (F' + D),$$

$$\sin. K = n \sin. G = n \sin. (F' + C) \text{ et } \sin. L = n \sin. H = n \sin. (F' + D),$$

$$\sin. K = n \sin. F' \cos. C + n \cos. F' \sin. C, \text{ et etc.}$$

$$= r \sin. \frac{1}{2} N \cos. C + n \cos. F' \sin. C,$$

$$= \sin. F \cos. C + n \cos. F' \sin. C,$$

$$= \sin. F \cos. C + \cos. F \sin. C - \cos. F \sin. C + n \cos. F' \sin. C;$$

par conséquent :

$$\sin. K = \sin. (F + C) + n \cos. F' \sin. C - \cos. F \sin. C,$$

ou :

$$\sin. K - \sin. (F + C) = n \cos. F' \sin. C - \cos. F \sin. C,$$

$$2 \sin. \frac{1}{2} (K - F - C) \cos. \frac{1}{2} (K + F + C) = n \cos. F' \sin. C - \cos. F \sin. C,$$

$$2 \sin. \frac{1}{2} (K - F - C) = \frac{n \cos. F' \sin. C}{\cos. \frac{1}{2} (K + F + C)} - \frac{\cos. F \sin. C}{\cos. \frac{1}{2} (K + F + C)}.$$

Mais l'angle m P M est précisément K — F — C. Prenant donc les petits arcs au lieu de leurs sinus, c'est-à-dire négligeant les puissances supérieures à la première ; négligeant en outre de petits arcs par rapport à un arc beaucoup plus grand et posant, en conséquence, au lieu de $\frac{1}{2}$ (K + F + C) simplement F, on trouve :

$$K - F - C = m \, P M = \frac{n \cos. F' . C}{\cos. F} - \frac{\cos. F . C}{\cos. F} = \left(\frac{n \cos. F'}{\cos. F} - 1 \right) C.$$

On aura de même : $\sin. L - \sin. (F + D) = n \cos. F' \sin. D - \cos. F \sin. D$,

et $n QN = L - F - D = \left(\frac{n \cos. F'}{\cos. F} - 1 \right) D;$

par conséquent :

$$T = m \, PM + n \, QN = \left(\frac{n_\lambda \cos. F'}{\cos. F} - 1 \right) (C + D),$$

où $\quad \sin. F' = \frac{r_\lambda}{n_\lambda} \sin. \frac{1}{2} N \quad$ et $\quad \sin. F = r_\lambda \sin. \frac{1}{2} N,$

et où il faut prendre pour r_λ et n_λ les valeurs qui se rapportent à la longueur spéciale d'onde λ. Comme on le voit, la correction est à la fois

pendante de l'indice de réfraction *r* du liquide et de l'indice *n* du rre, tous deux pour la lumière particulière considérée.

Prenant pour le verre les indices de réfraction donnés dans la seconde onne de la table Z Z, et exécutant le calcul pour les liquides à 0% et 86%, qui sont les liquides I et XV de la dernière table B B, on obnt pour les raies A, D et H les résultats suivants.

Pour le liquide I, c'est-à-dire pour l'eau, la valeur du coefficient de (C + D) ns l'expression T devient successivement, pour ces trois raies:

$$\frac{n \cos. F'}{\cos. F} - 1 = 0{,}6025, = 0{,}6079, = 0{,}6278;$$

même pour le liquide XV:

$$\frac{n \cos. F'}{\cos. F} - 1 = 0{,}6153, = 0{,}6231, = 0{,}6427;$$

ec ces valeurs on trouve pour la correction $T = \left(\frac{n \cos. F'}{\cos. F} - 1\right)(C + D)$, partenant à la première position A des obturateurs, dans laquelle + D = 309",4:

	A	D	H
pour I	186",4	188",1	194",2
pour XV	191",0	192",8	198",8.

En comparant ces chiffres, on reconnaît que la variation de la correcn est beaucoup plus grande, d'une extrémité du spectre à l'autre, e du liquide le plus faible au liquide le plus réfringent. On verra en tre, par les tables, que pour un même liquide j'ai toujours choisi deux sitions des obturateurs telles que, C + D conservant à peu près la même andeur, mais changeant de signe, la correction exigée par elle eût viron des valeurs égales, mais de signes contraires; d'après cela, si ème l'exactitude de ces corrections laissait quelque chose à désirer, petites erreurs se compenseraient assez bien dans le résultat moyen al, c'est-à-dire dans les colonnes N qui seront expliquées plus loin, puise le résultat correspondant à l'une des positions se trouverait au-dessus, celui relatif à l'autre position au-dessous de la moyenne véritable. — ais on verrait autre chose si j'avais négligé la variation qui se manite dans la valeur de cette correction d'une extrémité du spectre à utre; il est vrai, les colonnes renfermant les moyennes des indices réfraction n'en seraient que peu influencées, mais la dernière colonne des petites tables, qui donne les différences des indices de réfraction ovenant de l'une et de l'autre position des verres, offrirait cela de fâcheux, ie ces différences croîtraient ou décroîtraient régulièrement d'un bout du

spectre à l'autre. C'est précisément une semblable augmentation ou diminution des différences qui m'a préoccupé pendant longtemps; elle me reprochait toujours d'avoir négligé l'une ou l'autre correction, jusqu'à ce qu'enfin je la vis disparaître presque entièrement, après que je me fus avisé d'introduire dans le coefficient de la correction, de la manière exposée plus haut, la variation de l'indice de réfraction.

En résultat des considérations qui précèdent, j'ai calculé, avec l'indice de réfraction de l'eau pour la raie D et les indices variables adoptés pour le verre dans la seconde colonne de la table ZZ, les valeurs des corrections pour les sept positions différentes des obturateurs; ces valeurs, alternativement positives et négatives d'une série à l'autre, occupent les colonnes 3me à 9me de cette table. Dans les observations relatives à un même liquide, une série positive de corrections a ensuite dû être constamment appliquée aux observations exécutées dans une des positions des obturateurs, et une autre série négative, à valeurs à peu près égales, à la partie des observations correspondante à l'autre position.

Pour la première moitié des liquides, avec valeur notable de C + D, depuis le Ier jusques et y compris le IXme, je me suis pourtant contenté de ces corrections calculées pour l'eau. Pour les liquides X—XIV, où c'étaient encore des valeurs relativement fortes qui devaient être employées pour C + D, j'ai ajouté 2″, 3″ ou 4″ à toutes ces corrections, selon que le degré de concentration du liquide me le faisait juger nécessaire. Pour les liquides XV—XVIII, je pouvais de nouveau, vu les faibles valeurs de C + D, me contenter, en toute sécurité, des corrections calculées pour l'eau, excepté pour le liquide XVIII' qui, appartenant à une période antérieure, était encore affecté de valeurs plus considérables de C + D.

En définitive, au lieu de l'angle de déflexion minima P, donné par les observations, il faudra donc prendre P — T, et au lieu de l'angle N du prisme, l'angle N — (C + D), si nous voulons avoir les grandeurs qui appartiennent en propre au prisme liquide.

Pour calculer l'indice de réfraction nous aurons alors:

$$n = \frac{\sin.\frac{1}{2}\Big(P - T + N - (C + D)\Big)}{\sin.\frac{1}{2}\Big(N - (C + D)\Big)}.$$

On voit que tout en continuant d'opérer partout, sauf pour les liquides II et IV, le retournement des obturateurs, je ne me suis pas fié uniquement à cette compensation, mais que, afin d'éliminer les petites erreurs restantes, j'ai au contraire appliqué aussi exactement que

possible la correction provenant de la forme prismatique des verres obturateurs, ce qui était absolument nécessaire pour les liquides II et IV.

Je ne crois pas qu'il soit possible de rendre les corrections plus exactes et de serrer la vérité de plus près. Les erreurs qui pourront encore rester, de cette manière, seront des erreurs d'ordres supérieurs, tombant en dehors des limites d'exactitude des observations.

12. Tous les résultats de mon travail se trouvent consignés dans les 22 tables D.— Z.; j'y ai supprimé les trois premiers chiffres des indices dans autant de colonnes que possible, en faisant usage de signes comme $\not{0}$ et $\not{9}$ pour indiquer que le chiffre de la deuxième décimale devrait être augmenté ou diminué d'une unité. Pendant les trois années successives que mes recherches ont duré, j'ai fait usage de trois flacons différents d'eau distillée, que j'ai obtenus, par les soins de mon ami M. Cop, du laboratoire de chimie de l'Athénée de Deventer; j'ai employé, en outre, deux liquides ne s'éloignant pas beaucoup de l'eau pure, et ne renfermant qu'une très faible proportion d'acide sulfurique; enfin le liquide le plus concentré XVIII, dont je me suis servi deux fois, à une année d'intervalle, a été pris chaque fois dans le même flacon.

Pour tous les indices de réfraction on trouve notées les températures réduites aux indications du thermomètre de Wenckebach. Chacune des colonnes résulte d'une série double de mesures exécutée sans interruption, comme je l'ai dit précédemment, sauf la colonne *b'* du liquide VIII, qui ne repose que sur une série simple, par conséquent sur un nombre d'observations moitié moindre.

Dans la première période de mes recherches, à laquelle appartiennent les liquides I', II, III, V, VI, VIII et X, on prit pour l'angle réfringent N la moyenne de tous les résultats: savoir, pour la position A des obturateurs la moyenne M figurant au bas de la colonne de la table A, et de même pour la position B la moyenne correspondante inscrite dans la même ligne horizontale; enfin comme moyenne des résultats se rapportant à la position C des obturateurs, on adopta la valeur 34° 23′ 18″, qui est la moyenne des 17 résultats acquis dans cette période. Les angles ainsi obtenus servirent au calcul des indices de réfraction, comme on le voit dans les tables D. — Z., où le nombre inscrit pour M — qui est ici la valeur corrigée de l'angle réfringent — en tête de chaque colonne, est N — (C + D) de la formule précédente; car pour les liquides de la première période on retrouve ici simplement les M′ du bas des colonnes des positions A et B et une valeur également constante pour la position C. Les lettres grecques entre parenthèses, à côté des petites lettres italiques, en tête des séries d'indices de réfraction, indi-

quent pourtant celles des déterminations de l'angle du prisme de la table qui sont propres à ces séries.

Plus tard j'ai renoncé à cet emploi d'une moyenne pour l'angle réfringent, et j'ai calculé chaque colonne des tables avec la valeur angulaire trouvée dans le moment même, pendant que le prisme contenait le liquide. Il m'avait semblé, en effet, que la construction du prisme et son état défectueux, surtout par suite de la rouille que l'action de l'acide sulfurique faisait naître sur les pièces métalliques servant à maintenir les obturateurs, pouvaient faire craindre, à bon droit, une altération de l'angle d'une série à l'autre, et autorisaient à admettre dans les valeurs de cet angle des écarts plus grands que ceux dont de simples erreurs d'observation auraient suffi à rendre compte.

C'est pour cela que déjà pour la position C des obturateurs, et pour toutes les positions suivantes des séries ultérieures, on verra inscrites dans les tables, en tête des colonnes, des valeurs de M continuellement variables, valeurs qui doivent être regardées comme les résultats corrigés des déterminations qui accompagnèrent les mesures mêmes des angles de déviation minima propres à ces colonnes. C'est pour le même motif que dans la table A on ne trouve plus mentionnées, à partir de la position C, les moyennes des angles réfringents.

Les lettres *a*, *b*, *c* etc., placées au-dessus des colonnes, ont rapport à la position des obturateurs; les colonnes surmontées de lettres majuscules, telles que A, sont dans chaque tableau les moyennes des colonnes précédentes à lettres minuscules; la série simple *b'* de VIII n'entre naturellement qu'avec un poids moitié moindre dans ce résultat final.

Les dernières colonnes N se composent des moyennes des deux positions inverses, telles que A et B, B et C, etc. Çà et là on trouve encore des colonnes marquées d'une lettre minuscule entre parenthèses, telle que (*c*) par exemple: ce sont les moyennes d'une couple de colonnes minuscules précédentes. Les légendes placées en tête des diverses colonnes en précisent d'ailleurs la signification. Les colonnes I et K sont des colonnes de différences, indiquant quelle a été, en cas de variation de la température, le changement qu'ont éprouvé l'indice de réfraction et cette température; celui-là devait nécessairement, par suite de la dilatation, décroître lorsque la température s'élevait. Au bas des tables on trouve les sommes des moyennes des colonnes I et K. La colonne L donne les différences des moyennes des deux positions inverses, A et B par exemple, avec les différences de température correspondantes. Elle nous permet de juger du degré d'exactitude de ces deux moyennes.

La table B.B. est une table générale; sa partie supérieure repro-

duit et rapproche tous les résultats des colonnes N, réduits au besoin, isolément et chacun pour soi, à une même température. Vers le bas de la table on retrouve les sommes P des moyennes des colonnes I et K, ensuite les moyennes Q de la colonne L. Au-dessous, se trouvent les valeurs X et X′ de la diminution de l'indice de réfraction pour *un* degré d'augmentation de la température, valeurs déduites de P et Q et exprimées, naturellement, en unités de la cinquième décimale. L'accord entre X et X′ pour un même liquide permet d'asseoir un jugement sur l'exactitude de mes observations, et plus particulièrement sur la justesse de la correction que j'y ai apportée.

La table G contient la contraction des trois tables D, E et F pour l'eau, et la comparaison de mes résultats avec ceux de mes devanciers, c'est-à-dire avec ceux de FRAUNHOFER [1]), de BADEN POWELL [2]) et de DALE et GLADSTONE [3]), et aussi avec la moyenne des résultats de BADEN POWELL et de DALE et GLADSTONE, ces derniers observateurs ayant fait usage de l'instrument de BADEN POWELL. La table Z contient les moyennes de X et Y. Dans cette table B.B. on ne retrouve donc plus les colonnes finales des tables I^1, I^2 et I^3, mais seulement leurs moyennes I^m; de même, au lieu des colonnes finales de XVIII^1 et XVIII^2, on ne trouve que les moyennes XVIII^m.

La table générale pour 18°,3 C, qui se trouve en bas, reproduit toutes les colonnes de la table précédente, ramenées à la température uniforme de 18°,3 à l'aide des valeurs de x trouvées pour les variations des indices corrélatives à celles de la température. Pour le liquide IV l'analogie m'a fait prendre comme coefficient de réduction le nombre 15, au lieu de 24,6 qui me paraissait trop élevé.

La densité et la richesse des mélanges.

13. J'ai déjà rapporté plus haut que l'eau distillée nécessaire pour mes expériences de réfraction a été renouvelée trois fois; on a contrôlé chaque fois sa pureté en s'assurant de l'absence du fer. Pour mes déterminations des densités j'ai prélevé, successivement sur chacune des trois quantités d'eau, un échantillon destiné à servir d'étalon des poids spécifiques. Afin de rester d'accord avec les tables de M. BINEAU, dont il sera question tout à l'heure, j'ai définitivement pris pour unité la densité de l'eau

[1]) SCHUMACHER's *Astronomische Abhandlungen* II. p. 31.
[2]) POGGENDORFF's *Annalen* LXIX. p. 110.
[3]) *Philosophical Transactions*, 1858. CXLVIII. p. 887.

à 0°, et non celle à 4° C. comme on fait habituellement. Du reste, la réduction d'une température à l'autre est facile, puisque, d'après les tables de Despretz, la densité de l'eau à 0° est à celle de l'eau à 4° dans le rapport de 0,999873 : 1,000000.

La petite balance dont j'ai fait usage, et qui possédait une sensibilité très suffisante, n'avait pas été construite originellement pour l'exécution de pesées hydrostatiques; mais je l'adaptai facilement à sa nouvelle destination à l'aide d'un petit plateau à tiges de suspension plus courtes et pourvu d'un petit crochet en dessous. Un large tube à réaction, coupé à la longueur convenable et fixé sur un petit pied, servit de vase pour recevoir les liquides à examiner. Comme corps destiné à l'immersion dans les liquides, je choisis un simple tube cylindrique de verre, fermé aux deux extrémités et d'un diamètre assez petit pour qu'il pût se déplacer librement dans le tube à réaction, sans être gêné, d'une manière sensible, par la capillarité ou plutôt par l'attraction des parois. Ce tube fermé avait, approximativement, un volume de 2,5 centimètres cubes, une longueur de 4 centimètres et un poids de 6 grammes. Une des extrémités avait été recourbée en crochet, à la lampe, et à ce crochet était attaché le fil délié de platine par l'intermédiaire duquel le tube se trouvait suspendu au crochet du plateau de la balance. A différentes reprises le crochet du tube se brisa, de sorte que, dans le cours des pesées, je fus obligé, jusqu'à trois ou quatre fois, de construire un nouveau cylindre pour remplacer celui qui était mis hors d'usage.

Chacun des cylindres fut pesé dans l'air, avec observation simultanée de la température et de la hauteur barométrique, et le poids trouvé fut corrigé de la perte due à l'air. Les cylindres furent ensuite soumis à des pesées répétées dans l'eau, et la température de l'eau ayant été notée chaque fois avec soin, on détermina, à l'aide des tables de Despretz, ce que le cylindre aurait perdu en poids à 4° C. Le volume du cylindre fut également réduit à cette température de 4° C, en supposant que pour chaque degré de chaleur le verre se dilate d'environ $\frac{1}{38000}$ de son volume, coefficient dont le verre du cylindre ne pouvait pas s'éloigner beaucoup.

14. Le cylindre fut plongé de même dans les divers mélanges liquides, et la perte de poids fut déterminée. Au moyen des températures observées on ramena le volume du cylindre à ce qu'il aurait été à 4° C, et on corrigea, en conséquence, la perte de poids trouvée. En divisant enfin la perte ainsi corrigée, par le poids que le cylindre devait perdre dans l'eau à 4° C, on obtenait la densité du liquide ex-

rimée par rapport à celle de l'eau à 4° C prise comme unité. Plus rd toutes ces densités furent réduites à celle de l'eau à 0°, comme nité, en les multipliant simplement par le rapport commun déjà té $\frac{1,000000}{0,999873}$.

L'évaluation des poids a toujours été poussée jusqu'aux 5mes parties 1 milligramme, sans que je veuille affirmer pour cela que cette limite exactitude ait été partout atteinte. Pendant les pesées, la partie imergée du fil de platine n'avait pas toujours une longueur égale, mais a été tenu compte de cette circonstance. Après avoir déterminé le oids d'une certaine longueur du fil, et calculé ensuite son diamètre nsi que son volume par centimètre, on avait les éléments de correcon nécessaires.

15. J'ai déterminé à plusieurs reprises, et pour des températures fférentes, les densités des liquides pris directement dans les flacons ui me servaient à remplir le prisme. J'ai également déterminé la denté des petites quantités de liquide qui venaient d'être soumises aux bservations de réfraction. Pour chaque série d'observations le prisme ait rempli de nouveau, au moyen du flacon primitif; pour la déterination de la densité, je réunissais alors les portions qui avaient été nployées pour les deux colonnes appartenant à une même position des erres obturateurs; dans quelques cas même, je versais ensemble les ortions de liquide ayant servi aux quatre colonnes successives des tables e réfraction et je prenais la densité du mélange. J'étais bien obligé 'opérer ainsi, si je voulais avoir une quantité de liquide suffisante pour emplir convenablement mon tube à réaction, la capacité de ce tube tant beaucoup plus considérable que celle du prisme, qui ne contenait u'environ 6 centimètres cubes. Il n'en résultait d'ailleurs aucun inonvénient, parce que la colonne N des tables de réfraction se rapporte aturellement au liquide de densité moyenne, tout comme elle est lle-même la moyenne des indices de réfraction de toutes les colonnes, t parce que j'avais bien soin d'effectuer les combinaisons de manière u'il ne pût en sortir qu'une pareille densité moyenne.

Les liquides II, III, V, VI et VIII sont les seuls à l'égard desquels ai procédé d'une manière différente. Ces liquides appartiennent, comme X, à la première période de mon travail, alors que je ne m'étais pas ncore avisé de toutes les précautions que j'appliquai plus tard; j'opérais lors sur de plus petites quantités de liquide, ou plutôt avec une plus etite provision, et je reversais chaque fois du prisme dans le flacon es quantités qui avaient été employées. Plus tard, les expériences de éfraction relatives à ces liquides étant achevées, je déterminai la den-

sité de chacun d'eux à diverses températures, et ce sont les densités ainsi trouvées qui figurent dans la table.

Le liquide IV était assez pauvre en acide sulfurique pour qu'il y eût lieu de penser que son titre resterait constant; je rejetai donc chaque fois la quantité qui avait servi dans le prisme, et je me contentai de prendre les densités de la provision restante de liquide contenue dans le flacon.

16. La table C renferme, dans la seconde colonne, les résultats que j'ai obtenus pour les densités; chacun de ces résultats est ordinairement déduit d'une moyenne de deux pesées. La première colonne donne les numéros des liquides. Les différentes températures n'ont pas été produites par échauffement ou refroidissement artificiel, mais elles ont été simplement le résultat de l'influence calorifique de l'atmosphère; aussi a-t-on mis fréquemment un intervalle de temps considérable entre les différentes déterminations, pour obtenir ainsi, par les variations de l'atmosphère, des variations plus prononcées de température des liquides. Ce fut le thermomètre de M. Tonnelot qui servit ici aux mesures de température, et ses indications furent régulièrement diminuées de 0°,32.

Lorsque dans cette table C le numéro d'un liquide ne porte aucune lettre grecque en exposant, cela indique que la quantité qui a servi à la détermination du poids spécifique était extraite du flacon primitif contenant la provision de ce liquide; les lettres *a*, *b*, *c* placées à côté d'un pareil numéro se rapportent aux résultats obtenus successivement pour la densité du mélange, résultats rangés d'après l'ordre des températures, que cet ordre s'accorde d'ailleurs, ou non, avec celui de la succession chronologique. On a donc admis tacitement que pendant toute la durée de temps sur laquelle s'étendirent les pesées et les expériences de réfraction, les flacons d'approvisionnement restèrent clos assez hermétiquement pour que les titres des liquides demeurassent invariables; pour tous mes liquides, à l'exception des numéros V et VIII provenant de la première période, je crois pouvoir admettre que cette condition fut en effet remplie, parce que, ayant conçu des doutes sur la fermeture exacte du flacon n°. VIII, j'eus recours dorénavant à la paraffine fondue ou aux bouchons de gutta-percha pour obtenir l'isolement parfait des liquides. Les résultats marqués spécialement, tels que XVI′ par exemple, sont les moyennes de tous les nombres relatifs aux flacons d'approvisionnement, et représentent, par conséquent, la densité moyenne des liquides de ces flacons.

Les numéros accompagnés de lettres grecques se rapportent aux portions de liquide qui avaient été utilisées pour les expériences de réfraction; ainsi XIII ′, par exemple, indique le poids spécifique de la

quantité qui avait servi dans la première position des verres obturateurs, XIIIβ celui de la quantité qui était provenue de la seconde position de ces verres, XVIIIγ celui de la quantité obtenue en réunissant les liquides employés dans les deux positions. XIII$^\pi$ représente ici le résultat final: il provient de la combinaison des résultats partiels, XIII$^\alpha$ et XIIIβ, dont on a pris la moyenne $\frac{1}{2}$ (XIII$^\alpha$ + XIIIβ), ou bien il est en d'autres cas simplement la répétition d'un résultat tel que XIIIγ. Les résultats marqués d'une manière analogue à XIII$^\pi$ doivent donc être considérés partout comme indiquant la densité moyenne de la fraction de liquide dont on a fait usage pour les expériences optiques.

La troisième colonne de la table donne les moyennes comme XVI' et XIII$^\pi$ dont je viens de parler, avec quelques autres qui offrent plus ou moins d'intérêt. La colonne suivante donne les changements de densité qui correspondent à une variation de température de 1° C, changements déduits de la deuxième ou troisième colonne par un calcul approprié.

Pour le liquide XVIII on trouve deux tables d'expériences de réfraction, distinguées par les signes XVIII^1 et XVIII^2. Pour la première table, les poids spécifiques des portions de liquide employées, dans chacune des deux positions des verres obturateurs du prisme, ont été déterminés séparément; ces poids spécifiques sont indiqués dans la table C par XVIII$^{1\alpha}$ et XVIII$^{1\beta}$, tandis que leur moyenne est désignée par XVIII$^{1\pi}$. Quant à la seconde table, toutes les fractions de liquide qui avaient servi à l'établir, ont été réunies; la densité de ce mélange figure dans la table C comme XVIII$^{2\gamma}$, et s'y trouve répétée simplement sous XVIII$^{2\pi}$.

Dans la troisième colonne de la table C on trouve donc nos dernières moyennes, telles que XVI', qui représentent la densité du liquide *primitif*, laquelle, pour les recherches de la première période, dut être adoptée aussi comme valeur définitive du poids spécifique de la portion de liquide *ayant servi* aux observations de réfraction. — Pour les liquides dont on a fait usage à une époque postérieure, on trouve plus bas dans cette colonne, derrière les chiffres, tels que XIV$^\pi$ par exemple, la densité des portions de liquide *ayant servi*. Pour ces observations postérieures on a donc, d'un côté les résultats du liquide *primitif*, c'est-à-dire la densité du liquide avant qu'il n'eût été versé dans le prisme; de l'autre côté les résultats du liquide *ayant servi*, c'est-à-dire la densité du liquide après qu'il avait été employé, dans le prisme, aux expériences de réfraction, et lorsqu'il se trouvait par conséquent affecté par toutes les causes d'altération, telles qu'absorption d'humidité atmosphérique etc., auxquelles il était resté exposé pendant la durée des

observations. On verra à l'instant comment, de cette double suite de résultats, j'ai déduit, pour les divers liquides, les valeurs des richesses qui figurent dans les dernières colonnes.

La cinquième colonne de la table donne la densité que les liquides auraient eue à la température de 0°, densité déduite des résultats moyens dont il vient d'être question, à l'aide des dilatations, ou changements de poids spécifique, qui elles-mêmes se trouvent dans la colonne précédente. Les nombres inscrits dans cette cinquième colonne doivent donc être considérés comme les valeurs définitives à 0° C. qui résultent de toutes les pesées pour les liquides *primitifs* et pour les liquides *ayant servi.*

C'est à ces nombres que nous allons appliquer maintenant les données de la table B, qui est une reproduction de celle de M. Bineau [1]), et qui fournira le moyen de calculer, à l'aide des poids spécifiques, le titre des divers mélanges. Une couple de remarques de M. Bineau, qui nous seront utiles, figurent au bas de la table, sous forme de notes. Cette table donne plus que ce qu'il nous faut pour le moment; elle reproduit toutes les données, primitives et déduites, de M. Bineau. Il y a d'autant moins d'inconvénient à conserver celles de ces données qui ne seront ici d'aucun usage, que plus tard elles pourront peut-être avoir leur utilité dans ces *Archives.*

Au moyen de la table de M. Bineau relative à la température de 0°, et en faisant usage des deuxièmes différences, j'ai calculé le titre qui correspond, pour chaque liquide, à son poids spécifique. Je ne me suis servi que des données marquées d'un *, parce que celles-là seules sont présentées comme résultats directs de l'expérience; les autres, obtenues par le calcul, ont été négligées.

Ainsi s'est trouvée constituée la sixième colonne de la table C; elle montre que le titre des portions *ayant servi* est, en général, un peu plus pauvre que celui des liquides *primitifs*, ce qui indique que les mélanges se sont affaiblis dans le cours des observations. Pour le titre des trois liquides V, VI et VII qui appartiennent à la première période, et qui ont en outre une richesse assez notable, j'ai dû me contenter du résultat unique inscrit dans cette colonne. Pour les autres mélanges j'ai pris la moyenne des titres du liquide *primitif* et du liquide *ayant servi*, inscrite dans la septième colonne, et j'ai adopté ce résultat comme valeur du titre correspondant à la table de réfraction trouvée; il me semble que cette manière de procéder était rationnelle, puisque le nombre admis représentait très-probablement le titre que le liquide

[1]) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, T. XXIV p. 339. Voyez aussi T. XXVI p. 123.

avait possédé, en moyenne, pendant les mesures de réfraction. Pour les liquides XVIII[1] et XVIII[2] j'ai pris séparément, de la même manière, les moyennes, et je les ai appliquées aux tables de réfraction de ces liquides; pour les indices de réfraction de XVIII[m], lesquels sont les résultats moyens des deux tables de réfraction précédentes, j'ai pris de rechef la moyenne des titres ainsi trouvés pour chacun des deux liquides séparément.

17. Ainsi que je l'ai déjà dit, le poids spécifique, et par suite le titre, de la portion de liquide *ayant servi* fut trouvé presque constamment inférieur à celui du liquide *primitif*; la différence était d'autant plus sensible qu'il s'agissait de liquides plus concentrés. Il n'est pas précisément agréable de constater ce résultat, en ce sens qu'il indique que mes liquides ont pris de la vapeur d'eau à l'atmosphère pendant les mesures de réfraction, et que peut-être même ils ont encore été exposés à d'autres causes de dilution; c'est d'ailleurs un effet auquel il était permis de s'attendre. Mais, d'un autre côté, la circonstance que cet effet a été dévoilé par les nombres trouvés n'est pas dépourvue d'intérêt; elle plaide au moins en faveur de l'exactitude des pesées et de la confiance que mes résultats doivent inspirer.

Il y a dans la table C un point qui est resté obscur pour moi. Comment se fait-il que la variation de la densité avec la température, en d'autres mots la dilatation du liquide, à laquelle la quatrième colonne est consacrée, se montre si souvent en décroissance quand la température s'élève? Peut-être ai-je évalué trop bas ou négligé tout à fait l'une ou l'autre correction des pesées, mais il m'est impossible de deviner quelle pourrait être cette correction. Il se peut aussi que le décroissement ait un fondement réel dans la nature; faudrait-il voir ici de nouveau une déviation d'une loi établie sans preuves suffisantes et appliquée d'une manière trop absolue? Le coefficient de dilatation des mélanges d'acide sulfurique et d'eau diminuerait-il quand la température s'élève? La loi d'après laquelle ce coefficient croîtrait avec la température aurait-elle été étendue trop hâtivement aux liquides, et, fausse pour quelques-uns d'entre eux, serait-elle exacte pour les autres? Pour notre objet actuel les petits écarts dont il s'agit sont sans importance, puisqu'ils ne peuvent influer sur le degré d'exactitude dont nous avons besoin. Mais nous touchons ici à un point sur lequel ni moi ni personne ne pourrions faire de réponse en ce moment, et qui, étudié avec soin, fournirait peut-être des résultats amplement rémunérateurs, et mettrait au jour des faits remarquables.

18. Les écarts que çà et là, dans cette table, on remarque parmi les poids spécifiques, sont sans signification grave quand on les ramène

aux écarts ou erreurs de pesées d'où ils proviennent. J'opérais sur de petites quantités, le volume du cylindre immergé ne s'élevant qu'à 2,5 — 3 centimètres cubes. Les écarts des densités n'annoncent, il me semble, dans les pesées que des erreurs ne dépassant pas les milligrammes. Dans le résultat final des sixième et septième colonnes, il est plus que probable que les erreurs se compensent mutuellement. Dans les circonstances données, et avec les appareils dont je disposais, je ne crois pas qu'on pouvait exiger un degré supérieur d'exactitude.

Discussion.

19. La table B.B. renferme les résultats définitifs pour les indices de réfraction, avec les températures correspondantes et les titres des liquides. La table générale adjointe donne tous les indices réduits à la température de 18°,3 C; dans le calcul de cette table, comme j'ai dit, je ne me suis permis d'autre liberté que celle de prendre comme coefficient de réduction des indices pour le liquide IV, par analogie, le nombre 15 au lieu du nombre 24,6 qui me paraissait trop grand. Toute discussion relative aux rapports qui existent entre les indices de réfraction et les titres des mélanges devra être basée sur cette table finale.

Pour revenir encore un instant sur un point dont il a déjà été question, je ferai observer que les trois séries de résultats I^1, I^2 et I^3, obtenues avec trois provisions successives d'eau distillée, diffèrent un peu l'une de l'autre. Selon toute probabilité, ces différences ne dépendent d'aucune impureté pouvant encore être décelée chimiquement; elles peuvent tenir à des proportions variables d'air absorbées par l'eau, circonstance que je n'ai pas examinée et au sujet de laquelle il n'existe pas d'observations, que je sache; ou bien elles doivent être mises simplement sur le compte des erreurs d'observation. L'eau peut être rendue plus lourde ou plus légère par l'air dissous; son indice de réfraction peut s'en trouver augmenté ou diminué; je n'en sais absolument rien. Je n'ai aussi pris, dans mes recherches, nulle précaution, soit pour chasser l'air absorbé, soit pour prévenir ou régler l'absorption. Tout ce que je puis me rappeler c'est, que les quantités d'eau utilisées pour les séries I^1 et I^2 étaient beaucoup plus vieilles que celle relative à I^3, c'est-à-dire que je les avais conservées et employées beaucoup plus longtemps.

On voit clairement dans la table générale que les raies *A* et *a* de Fraunhofer montrent dans leurs indices de réfraction, d'une proportion

ɔntésimale à l'autre, des irrégularités qui doivent être attribuées, urement et simplement, à des erreurs d'observation faciles à expliquer.

Demandons-nous maintenant quel rapport il y a entre l'indice de réfracon et le titre, et comment l'une de ces grandeurs dépend de l'autre. a relation générale qui se laisse déduire de la table est que l'indice ɛ réfraction croît avec le titre, — ce qui était à prévoir, l'acide ılfurique réfractant la lumière plus fortement que l'eau, — et que spectre s'étend à mesure que le titre atteint des valeurs plus élevées. es résultats numériques de la table sont représentés graphiquement anche II, fig. 1. Les ordonnées, prenant origine avec la raie *A* de ɛau, ont d'abord été toutes diminuées de la quantité 1,32925; la ıleur restante a été multipliée par 4, et exprimée en centimètres, etc. ɛ sorte que 0,0001 dans l'indice se trouve représenté par 0,4 millim. es abscisses ont été obtenues en multipliant le titre centésimal par 6 ; considérant le produit comme exprimant des centimètres, etc.; de ɪanière que 0%,1 est représenté dans les abscisses par 0,6 millim.

Il ressort pourtant immédiatement, tant de la table que du tracé raphique, qu'il y a pour les indices de réfraction et pour la lareur du spectre un maximum ne coïncidant pas avec le maximum ɛ richesse; que le maximum de l'indice est situé entre 81%,41 et 5%,98, de sorte qu'il coïncide très probablement avec 84%,1, c'est-àire avec le deuxième hydrate SO_3 2 (HO), qui est susceptible de soliification et de cristallisation; que le maximum de la largeur du ɔectre, tout en tombant entre les mêmes limites, se rapproche proablement davantage de 81%,41.

Les erreurs des indices de *A* et *a* sont trop petites pour être visibles ır la planche; pour les faire apparaître distinctement il faudrait exéıter le tracé sur une échelle beaucoup plus grande.

20. On peut mener une courbe par les indices d'une même raie pour les quides XII, XIII et XIV, une autre courbe par les indices de la ɪême raie pour les liquides XV, XVI et XVII, puis déterminer le oint d'intersection des deux lignes. Mais on n'aurait pas encore trouvé insi la position véritable du maximum; car il est possible et probable ue la courbure de ces lignes varie, pour chacune d'elles, avec une itesse différente. On pourrait intercaler un certain nombre de spectres ntre XIV et XV; mais cela exigerait un travail énorme. Le liquide ΚV est déjà le résultat d'une tentative destinée à approcher davantage lu deuxième hydrate; au moyen de mélanges successifs, pendant lesquels je léterminais continuellement le poids spécifique, j'avais préparé un liquide ɪui pût me conduire très près de ce deuxième hydrate; ce liquide avait été

maintenu, à dessein, à une densité un peu trop élevée, dans la prévision qu'il subirait, durant les observations, une dilution assez marquée pour le ramener à la composition du deuxième hydrate. Ainsi qu'on le voit par le nombre donné, 85%,98, cela n'a pas eu lieu; ma tentative a donc échoué, mais mon travail n'en a pas moins eu son utilité, puisque j'ai maintenant des observations pour quatre titres différents au-dessus du deuxième hydrate.

Si nous traçons la courbe passant par les indices des liquides XII, XIII et XIV, nous trouvons, en nommant p le titre:

$$\left.\begin{aligned} &\text{pour la raie A} \ldots n = 1{,}28227 + 0{,}0025393\,p - 0{,}000008827\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{D} \ldots n = 1{,}28544 + 0{,}0025862\,p - 0{,}000009056\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{H} \ldots n = 1{,}29986 + 0{,}0025167\,p - 0{,}000008500\,p^2 \end{aligned}\right\}\ \text{(I.)}$$

Menant de même la courbe par les indices des liquides XV, XVI et XVII, on trouve:

$$\left.\begin{aligned} &\text{pour la raie A} \ldots n = 0{,}73935 + 0{,}0162716\,p - 0{,}000095447\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{D} \ldots n = 0{,}73740 + 0{,}0164697\,p - 0{,}000096772\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{H} \ldots n = 0{,}84459 + 0{,}0143617\,p - 0{,}000085087\,p^2 \end{aligned}\right\}\ \text{(II)}$$

Menant enfin la courbe par les indices des liquides XIV, XV et XVI, on obtient:

$$\left.\begin{aligned} &\text{pour la raie A} \ldots n = 0{,}52892 + 0{,}0210845\,p - 0{,}000122958\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{D} \ldots n = 0{,}54522 + 0{,}0208648\,p - 0{,}000121893\,p^2 \\ &\quad " \quad " \quad " \ \text{H} \ldots n = 0{,}52559 + 0{,}0216589\,p - 0{,}000126807\,p^2 \end{aligned}\right\}\ \text{(III.)}$$

Cherchons maintenant les maxima de ces lignes courbes. Le système (I), toutefois, ne peut pas nous apprendre grand'chose, ce que la planche indique déjà, les courbes ne s'écartant que très peu de la ligne droite. Bornons-nous donc à déterminer les maxima des systèmes (II) et (III); en divisant le coefficient du deuxième terme par le double de celui du troisième, on obtient pour les valeurs de p et pour les valeurs correspondantes de n:

Système (II).

	p	n
raie A	85%,25	1,43284
" D	85,09	1,43815
" H	84,39	1,45061

Système (III).

	p	n
raie A	85%,74	1,43289
" D	85,59	1,43809
" H	85,40	1,45043

Il est singulier que la valeur de p pour la raie H du système (II) soit la seule qui approche de la valeur théorique 84,1; toutes les autres sont trop fortes. Dans la planche II, fig. 1, j'ai marqué, par une ligne pointillée, le prolongement des courbes, dans la supposition que leur maximum coïncide avec le maximum théorique. Au bas de la planche, fig. 2 *a*, on a représenté les lignes courbes du système (II), après avoir diminué tous les indices de réfraction de 1,10000; la fig. 2 *b* donne de même les courbes du système (III), pour lesquelles on a retranché 0,07500 de chaque indice; dans les deux figures on a pris les maxima tels que nous venons de les trouver. Nous sommes ici de nouveau en face d'un de ces résultats que nous aimerions tant à voir obéir à la loi théorique; mais il y a certainement des causes qui modifient cette loi et qui en altèrent les résultats à nos yeux. La cause ne peut résider dans des erreurs d'observation proprement dites. Mais d'autres influences sont en jeu: la température peut très bien être un élément exerçant ici un effet perturbateur. Une irrégularité du coefficient de dilatation du liquide XV serait de nature à révéler un pareil effet; j'ai bien trouvé une légère irrégularité de ce genre, mais pas plus prononcée que dans d'autres liquides. Un changement de quelques centièmes dans le titre reconnu aux liquides, suffirait, comme le calcul me l'a montré, pour dissiper toutes les différences. On pourrait supposer que la table de M. Bineau donne des erreurs telles que celles dont il faudrait admettre ici la présence, ou bien on pourrait rendre responsables des écarts dont il s'agit mes déterminations des poids spécifiques, quoiqu'elles m'inspirent beaucoup de confiance. Il me semble plutôt résulter de ceci que les indices de réfraction donneront un jour un moyen plus sûr pour reconnaître le titre de ces liquides, que le poids spécifique ou l'analyse chimique. Ce sujet peut donner lieu à de nouvelles recherches, et ceux qui se sentiront le courage et l'assiduité nécessaires pour les entreprendre n'auront, à coup sûr, pas lieu de s'en repentir.

J'ai essayé de déterminer pour la raie D la courbe du système (II), à l'aide des quatre liquides XV, XVI, XVII et XVIII, par la méthode des moindres carrés; c'est-à-dire que j'ai cherché, en m'en tenant à la forme à trois constantes, quelle était la courbe la plus probable qui résultait de ces quatre liquides. Mais, au lieu de me rapprocher de la vérité, cette voie m'en a éloigné davantage, puisque j'ai trouvé ainsi des valeurs encore plus fortes pour p. A vrai dire, il n'était pas permis d'admettre dans ce calcul un liquide à 95%. Quant au mélange à 72%, il était à trop grande distance du maximum pour que je voulusse en faire usage.

21. Abordons maintenant une autre question. Comment les résultats obtenus pour les indices de réfraction des différents liquides se comportent-ils à l'égard des formules de dispersion?

Après tout ce que m'avaient appris les recherches résumées dans mes précédents mémoires, je m'en suis tenu simplement à la formule à trois termes $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$.

J'ai cherché par la méthode des moindres carrés, pour chacun des dix-huit liquides, les valeurs les plus probables des coefficients A, B et C. Nous nous occuperons dans un instant de ces valeurs. Les écarts entre les formules et les résultats de l'observation sont donnés par la table générale B. B. dans les petites colonnes W, c — o (*calcul moins observation*); au bas de ces colonnes on trouve les sommes des carrés des écarts. La table Z. Z. fait connaître les valeurs de λ qu'après mûr examen j'ai adoptées ici comme base du calcul. La table A. A. donne les valeurs des coefficients pour les dix-huit liquides. J'ai exécuté le calcul pour chaque liquide séparément, avec les valeurs telles que la première table générale les indique pour les températures propres du liquide, parce que ces valeurs représentent encore purement le résultat de l'observation, tandis que dans l'autre table, où elles sont réduites à la température de 18°,3, elles ont déjà subi une légère altération. En réalité pourtant, cette réduction pour la température n'a d'influence que sur le coefficient A; c'est pour cela que cette table A. A. donne, dans la colonne A', tous les coefficients A réduits à la température de 18°,3 à l'aide des coefficients de correction pour la température pris dans la table générale. Les coefficients A', B et C sont donc, en définitive, ceux qui se prêtent le mieux à une comparaison nette, puisqu'ils se rapportent tous à une même température pour les divers liquides. — Les courbes données par ces coefficients sont représentées, par des tracés plus épais, dans la planche II, fig. 3. La figure 3 *a* est la courbe pour A', telle qu'on l'obtient en diminuant toutes les valeurs de 1,323494 (la valeur pour l'eau) et ensuite de 0,050000, en omettant par conséquent les dix premiers liquides, qui d'ailleurs n'apprendraient pas grand'chose ici. Fig. 3 *b* donne la courbe pour le coefficient B, après déduction, d'abord de la valeur pour l'eau, ensuite de 50000. Enfin fig. 3 *c* représente la courbe pour le coefficient C, diminuée de la valeur pour l'eau et ensuite de 500000. Les résultats qui restent pour A' et B, après cette réduction, ont été multipliés par 4, de sorte que 1 dans la quatrième décimale de A' est égal à 0,4 millim., et que 100 du coefficient B est également représenté par 0,4 millim.; les valeurs de C ont été multipliées

r 3, de sorte que 1000 est égal à 0,3 millim. dans la figure.
M. Bineau s'est occupé tout spécialement, dans son mémoire, de xamen relatif au maximum de contraction des mélanges d'acide sul-ique et d'eau. Ure avait annoncé que ce maximum coïncide avec l'acide furique trihydraté ($SO_3 + 3\,HO$), ce qui correspond à 72%,1 de SO_3HO ns le mélange. M. Bineau exprime la liaison entre la densité et la hesse par la formule suivante:

$$d = 0{,}788 - 0{,}0009\ t + 1{,}2\ p$$

ns laquelle d est la densité, t la température et p la proportion cen-imale d'acide. M. Bineau fait voir que cette formule donne des résultats s satisfaisants depuis $d = 1{,}5535$ jusqu'à $d = 1{,}792$; il s'en sert ır déterminer le maximum de contraction, et trouve 75%,5, par conséquent titre plus élevé que celui qui correspond à 3 équivalents d'eau pour d'acide anhydre.

Si l'on considère maintenant l'inflexion qu'éprouvent les lignes fig. 3 *b* 3 *c*, pour le liquide XIII, celui à 71%,1, on sera fortement tenté supposer que cette inflexion est en rapport avec le maximum de ntraction, qui tombe entre les liquides XIII et XIV; je n'ose, ıtefois, trancher la question, car nous ne connaissons pas la partie s lignes courbes qui doit se trouver entre ces deux liquides. Mais quand xamine les sommes des carrés des écarts restants pour XII, XIII, XIV XV, je vois que la marche en est très régulière; je ne puis me cider à attribuer uniquement à des erreurs d'observation la déviation nt il s'agit, — cette chute dans les valeurs des coefficients de la for-ıle, — et j'aimerais à trouver ici une relation entre le maximum de ntraction, ou peut-être la constitution chimique, et les inflexions des ırbes. — Encore un sujet qui se recommande aux expérimentateurs.

En fixant son attention sur la formule de dispersion, on est frappé immé-ıtement de la circonstance que le troisième terme se montre ici toujours gatif, tandis que pour les corps solides, d'après tout ce que l'expérience a t connaître, ce terme est positif. C'est là un résultat très intéressant; cuserait-il une différence caractéristique entre les liquides et les solides, bien le degré de réfringence et de dispersion de la matière se ıduirait-il aussi sous cette forme, de sorte que le terme passerait de état positif à l'état négatif quand le pouvoir réfringent atteint une rtaine valeur? Dans cette dernière hypothèse il devrait y avoir aussi s substances pour lesquelles ce terme s'annulerait. Il y a de nouveau i matière à une étude des plus fructueuses.

J'ai pris dans les tables de M. Baden Powell [1]) les indices de

[1]) The undulatory theory, London, 1841.

réfraction des raies C, D et F pour un certain nombre de substances, savoir pour l'acide nitrique, $n_D = 1,4026$, la dissolution de chlorure de calcium, $n_D = 1,4040$, la dissolution de chlorure de zinc, $n_D = 1,3421$, le sel gemme, $n_D = 1,5448$, l'huile d'anis (n°. VI), $n_D = 1,5565$, le sulfure de carbone, $n_D = 1,6308$; et à l'aide de ces indices j'ai calculé les coefficients A, B et C de la même formule à trois termes. Parmi ces substances, l'acide nitrique et la dissolution de chlorure de zinc furent les seules qui donnèrent encore pour C des valeurs négatives, bien que relativement petites; toutes les autres conduisirent à des valeurs positives pour ce coefficient. Il paraîtrait d'après cela que ce n'est ni l'état de fluidité, ni la faible valeur des indices de réfraction, qui fournit la règle pour la négativeté du signe du coefficient. Ce résultat est de nature à fortifier la présomption que des recherches ultérieures, portant sur ce point, pourraient mettre au jour des faits entièrement inattendus.

L'idée m'étant venue de chercher jusqu'à quel point le liquide XIV satisfaisait à la formule de MM. Briot et Christoffel, j'ai trouvé l'expression suivante :

$$n = \frac{2 \times 1,42503}{\sqrt{\left(1 + \frac{1,413,4}{\lambda}\right)} + \sqrt{\left(1 - \frac{1413,4}{\lambda}\right)}},$$

et pour les écarts c — o, c'est-à-dire *calcul moins observation*, en unités de la cinquième décimale:

A	*a*	B	C	D	E	*b*	F	$\overline{G}$	G	$\overline{H}$	H
+ 74	+ 42	+ 7	— 15	— 43	— 51	— 50	— 38	— 16	+ 6	+ 23	+ 53

quantités dont la somme des carrés est = 18502.

Le chiffre élevé de cette somme n'a pas lieu de nous surprendre, même en présence de la faible dispersion du liquide; car il suit des considérations développées dans la Note qui précède ce Mémoire, que cette formule suppose le troisième terme positif dans $n = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$, tandis que nous avons trouvé que C a toujours une valeur négative pour nos mélanges. La formule de M. Briot devait donc bien s'éloigner ici beaucoup de la réalité. Il est possible qu'à l'aide d'un nouveau calcul, exécuté d'après ces écarts, j'eusse pu modifier la formule de manière à faire baisser légèrement les écarts; mais il m'a paru qu'on gagnerait ainsi trop peu de chose pour qu'il valût la peine d'entreprendre le calcul. C'est une nouvelle preuve que la formule de M. Briot n'a guère avancé la question.

22. A égard de la largeur du spectre de nos liquides, nous reconnais-

ons, tout d'abord, qu'il se dilate à mesure qu'on approche du maxi- ıum, pour se contracter de nouveau quand on dépasse ce point; j'en i déjà fait l'observation plus haut.

Mais il y a un autre phénomène, qui est probablement en connexion vec celui-ci, et dont l'importance est beaucoup plus grande. Si nous xaminons les colonnes W, qui donnent les différences entre le calcul t l'observation, nous remarquons que ces écarts, même pour l'eau, nt une valeur assez considérable et égalent presque ceux des prismes TEINHEIL N°. I et N°. II de mes précédents mémoires. La circonstance, ue les écarts sont plus petits pour le liquide II, provient simplement le ce que les résultats relatifs à ce liquide reposent uniquement sur ne seule série d'observations, dans laquelle les écarts paraissent avoir té fortuitement compensés et dissimulés par les erreurs d'observation [1]). A mesure que nous nous rapprochons du maximum de réfraction, c'est- -dire des mélanges XIV et XV, nous voyons la grandeur des écarts ugmenter constamment, et, chose assez singulière, ce sont les raies A, C, D, G et H qui ont le plus à souffrir; dans cet accroissement uccessif, les écarts atteignent des valeurs presque égales à celles qu'a ffertes le prisme MERZ N°. I, dont le pouvoir réfringent et dispersif st si considérable. — Pour être absolument sincère, je dois observer outefois que dans la liste relative à ce prisme MERZ N°. I la raie H ait défaut, ce qui ne constitue pas un médiocre avantage pour l'accord ntre les observations et la formule. — Dès que le maximum de réfraction été franchi, c'est-à-dire pour les liquides XVI, XVII et XVIII, les écarts commencent à décroître, surtout en ce qui concerne les raies C et D, t insensiblement ils reprennent les valeurs moindres qu'ils avaient présen- ées d'abord, dans le voisinage de l'eau.

Une partie des fortes différences dont il vient d'être question pourra, 'y consens, être mise sur le compte des erreurs d'observation. Cela est probable surtout pour les raies A et H, qui, dans mes recherches, furent souvent très difficiles à distinguer, entre autres par suite de la coloration que les mélanges d'acide sulfurique prennent au contact des matières organiques, et dont il est si malaisé de les préserver; souvent, pour mesurer ces raies, tant bien que mal, j'étais obligé de pointer la lunette par estime, de la mouvoir à droite et à gauche jusqu'à ce qu'une image fugitive fût perçue, et d'évaluer alors approximativement la distance au centre du réticule en continuant à déplacer la lunette jusqu'à ce que je jugeasse la raie arrivée à ce centre, moyen auquel on n'a recours que pour des objets très faiblement éclairés. Mais je ne voudrais pourtant pas laisser attribuer

[1]) C'est surtout l'indice pour $\overline{H}$ qui me semble ici trop petit.

aux erreurs d'observation seules la totalité des écarts signalés. Si l'on considère les sommes des carrés, on voit que ces sommes s'élèvent régulièrement depuis l'eau jusqu'au maximum, pour s'abaisser ensuite. Qui sait si ces faits ne nous fourniront pas un jour la clef pour expliquer les écarts entre la formule et l'expérience, partout où de semblables écarts se rencontrent? Quand l'eau prédomine fortement dans le liquide, ou bien quand celui-ci a dépassé notablement le maximum, c'est-à-dire 84%,1 de $SO_3 HO$, dans ces deux cas nous observons de la régularité et un affaiblissement des écarts. Peut-être la combinaison qui s'effectue entre les deux éléments mélangés fait-elle naître dans le liquide une irrégularité, une espèce de tension, qui agit inégalement sur la lumière de différentes longueurs d'onde, et dont l'effet devient de nouveau moins sensible quand la proportion d'acide dépasse un certain degré. Outre l'acide sulfurique, d'autres liquides miscibles avec l'eau, et peut-être aussi des dissolutions salines, pourront probablement être soumis à des recherches du même genre. Mais je suis disposé à croire, que j'ai rencontré précisément dans l'acide sulfurique un des liquides dont l'étude était le plus avantageuse et le plus instructive. — Nous avons ici un nouvel exemple des erreurs auxquelles nous expose la tendance à chercher partout la simplicité dans les phénomènes naturels, dont la complication apparente trouble notre vue bornée.

23. En présence de la marche que les indices de réfraction suivent dans la table, je puis me dispenser de m'étendre longuement ici sur la loi des mélanges. On s'est figuré que la loi donnée par Biot et Arago pour le pouvoir réfringent, $\frac{n^2-1}{d}$ (n représentant l'indice de réfraction et d la densité), devait s'appliquer non-seulement aux mélanges gazeux, mais aussi aux liquides, et qu'on devait avoir par conséquent :

$$(100-p)\,\frac{n^2-1}{d}+p\,\frac{n'^2-1}{d'}=100\,\frac{n''^2-1}{d''},$$

formule où $100-p$ et p sont, en centièmes, les poids respectifs des deux liquides mélangés, n, n' et n'' les indices de réfraction des deux liquides et du mélange, d, d' et d'' les densités des deux liquides et de leur mélange. Les résultats consignés dans la table montrent, sans réplique, que cette loi n'est pas admissible, au moins pour les mélanges d'acide sulfurique et d'eau. On peut se tirer d'affaire, si l'on veut, en disant qu'il ne s'agit pas ici de mélanges, mais de combinaisons chimiques; mais il faudra alors définir préalablement, avec précision, ce qu'on doit entendre par mélanges, montrer en quoi ils diffèrent des combinaisons, et faire voir que les dissolutions salines ne peuvent pas non plus être

nsidérées comme des mélanges. C'est une notion si élastique, et uvent si indéterminée, que celle de dissolution, et il arrive si équemment qu'on attache une importance capitale à la distinction sans préciser avec soin! Quand un sel ou un acide est dissous dans l'eau, r exemple, on peut très bien se représenter que ce sel ou cet acide ít uni à une certaine quantite d'eau en proportions équivalentes, et que combinaison chimique qui en résulte soit dissoute dans un excès du enstrue.

La loi des mélanges m'a conduit à faire une application sur laquelle veux appeler l'attention en passant. Si le pouvoir réfringent de LAPLACE t réellement, pour chaque substance, une grandeur constante, nous tiendrons, en différentiant cette expression, $\frac{n^2 - 1}{d} = C$:

$$2n\,\delta n = C\,\delta d \text{ ou } 2n\,\delta n = \frac{n^2 - 1}{d}\,\delta d,$$

où :

$$\delta n = \frac{n^2 - 1}{2n.\,d}\,\delta d,$$

rmule qui indiquerait la liaison mutuelle des variations que l'indice de fraction et la densité éprouvent par suite d'un même changement de mpérature. Qu'on se reporte maintenant à la table C, qui donne changements de densité pour 1° de température ainsi que les densités s différents liquides, qu'on prenne l'indice de réfraction de ces liquis, par exemple celui qui appartient à la raie D, et qu'on calcule suite les variations de l'indice de réfraction pour 1° de températre, on trouvera des nombres qui s'accordent d'une manière assez marquable avec les valeurs obtenues dans les expériences de réfracon, c'est-à-dire avec les grandeurs X de la table B.B. Je ne veux s m'appesantir ici sur ce point; on le trouvera développé un peu plus ns le travail que j'ai inséré dans les Mémoires de l'Académie royale s sciences d'Amsterdam.

24. Il ne me reste plus que peu de chose à dire. Les changements l'indice de réfraction qui dépendent de la température, c'est-à-dire s valeurs de X, n'observent pas une marche très régulière dans la ble; ils ne sont certainement pas exacts; ils furent, en effet, largement fectés, non-seulement par toutes les erreurs accidentelles qui présentèrent caractère plus ou moins constant, mais aussi par toutes les autres uses irrégulières de perturbation.

Une question qui m'inspirait un intérêt particulier, c'était de savoir ces changements dépendants de la température ne varieraient pas avec longueur d'onde de la lumière, c'est-à-dire en passant d'une raie de

FRAUNHOFER à l'autre; mais j'eus beau arranger et combiner, de toutes les manières, les chiffres des tables primitives, je ne découvris aucune relation de ce genre. X de la table B.B. est ce qu'on a déduit de P pour la variation avec 1° de température; X′ est ce qu'on a déduit de Q pour cette même grandeur avec 1°. de température. L'accord entre X′ et X témoigne que l'application des corrections pour les deux positions a été faite d'une manière assez complète pour que de leurs différences on obtienne encore une bonne valeur pour la variation par la température. Il n'y aurait pourtant aucun sens à vouloir chercher avec les chiffres dont résultent ces X′, ce qui ne nous a pas réussi avec ceux qui ont donné les X

D'après les résultats renfermés dans le présent travail, ainsi que dans la Note qui le précède, je serai naturellement conduit, pour la continuation de mes recherches sur la réfraction et la dispersion, à entreprendre, en premier lieu, la détermination des indices de réfraction du verre pesant de FARADAY, espèce de flint-glass plus dense, et de liquides fortement réfringents, aussitôt que je pourrai me les procurer.

Explication des tables et des planches.

Les tables A, B et C donnent: les angles du prisme, une copie des ıbles de M. Bineau pour la richesse, en centièmes du poids, des ıélanges d'acide sulfurique et d'eau, enfin les densités de mes liquides éterminées pour en conclure leur richesse en acide sulfurique et cette ichesse calculée.

Dans la table C on trouve, dans les cinq premières colonnes, les ensités W avec les températures T des liquides. La deuxième colonne ontient les résultats directs de l'observation. La troisième renferme les ıoyennes générales et, en outre, quelques autres destinées à faciliter le alcul des variations D avec la température, qui se trouvent dans la quatrième. a cinquième colonne donne les densités, calculées pour 0° de tempé- ature. Les deux colonnes suivantes donnent la richesse R en SO_3 HO.

Ces tables ne demandent aucun éclaircissement spécial. Dans son econd mémoire M. Bineau a donné une nouvelle table, à l'aide de ıquelle on déduit la richesse en acide sulfurique chimiquement pur, es indications de l'aréomètre. Cette table ne renfermant rien qui oit applicable ici, n'a pas été reproduite. Je crois seulement devoir citer passage suivant, relatif au titre de l'acide sulfurique du commerce, es données pouvant être utiles à connaître dans différentes recherches hysiques. M. Bineau dit „quatre acides sortant de la même fabrique, t livrés au commerce pour les usages courants, ont présenté pour a proportion réelle d'acide à 1 équivalent d'eau 92,6, 92,5, 93,6 et 2,6 pour 100. Deux produits d'une seconde usine en contenaient l'un 2,6, l'autre 94,6 pour cent. La moyenne de ces six nombres est 93,1."

Les tables D. — Z. contiennent les résultats originels pour les différents iquides, sauf G et Z qui sont des tables déduites. Pour tous les liquides, auf les deux qui figurent sur la table H, on trouve chaque fois les aleurs des indices pour deux positions différentes et inverses des verres

obturateurs, ainsi que les moyennes de ces valeurs [1]). Pour un petit nombre de liquides, qui datent de la première période de mes recherches, on trouve, à côté des petites lettres italiques relatives aux positions des obturateurs, des lettres grecques entre parenthèses, qui indiquent quelles sont les mesures des angles du prisme, relatives aux positions A, B ou C de la table A, qui doivent être considérées comme correspondant spécialement aux colonnes d'indices inscrites sous ces lettres grecques. Dans la ligne M sont rapportés les angles réfringents qui ont servi à calculer, à l'aide des minima de déflexion observés, les indices inscrits au-dessous. Pour les quelques liquides de la première période, dont il vient d'être question, ces valeurs de M sont les moyennes de tous les résultats des positions A et B de la table A, ou, pour la position C, la moyenne des 17 premiers résultats corrigée pour C + D; pour les liquides postérieurs j'ai renoncé à l'emploi de semblables moyennes, et j'ai pris la valeur propre qui, dans chaque série d'observations, a été trouvée pour l'angle réfringent. Si je voulais adopter un jour la même méthode pour les quelques liquides de la première période, les lettres grecques m'indiqueraient la voie à suivre pour substituer les valeurs propres des angles aux valeurs moyennes. Toutes ces valeurs M des petites tables ont, naturellement, d'abord été corrigées, par addition ou soustraction des valeurs de C et D inscrites au bas des différentes colonnes de la table A. La signification de chaque colonne isolée est suffisamment claire; au bas se trouvent les valeurs de P obtenues par addition des moyennes de I et K. — Z. Z. est une table auxiliaire, pour laquelle je renvoie au texte du mémoire.

A. A. donne les coefficients de la formule de CAUCHY à trois termes, pour tous les liquides. B. B. est la table offrant le résumé général.

Pl. I contient les figures du spectromètre et de l'héliostat de MEYERSTEIN, et en outre des figures relatives, soit à la marche des rayons perpendiculaires sur une des faces du prisme, soit à la marche du rayon pour le minimum de déflexion quand les ouvertures du prisme sont recouvertes de glaces à faces non parallèles.

[1]) Pour la seconde position des verres obturateurs pour le mélange VIII la raie H fait défaut, parce que cette partie des expériences eut lieu en hiver, saison pendant laquelle la raie H est invisible dans notre climat.

Pl. II représente les courbes des indices de réfraction. Fig. I montre la marche des indices pour nos douze raies, en commençant par celles relatives à l'eau, dont l'indice de la raie A forme le zéro des ordonnées. Les abscisses sont les pour-cent des liquides, en représentant 0%,1 par 0,6 millim. Les ordonnées sont les indices exprimés en six chiffres (par la suppression du point marquant les décimales) et commençant par l'indice de la raie A pour l'eau; 10 de l'indice est égal à 0,4 millim.

J'ai préféré réunir par des lignes droites les points donnés par l'observation, au lieu de les lier par une courbe qui aurait toujours quelque chose d'irrationnel, puisque les points intermédiaires nous sont inconnus. Entre les liquides XIV et XV on trouve des courbes pointillées, tracées dans la supposition que leurs maxima tombent sur la valeur théorique 84%,1, Les points x, y et z qu'on y voit indiquent, pour les raies A, D et H, les points d'intersection des courbes des systèmes (I) et (II), pag. 104 du texte, menées d'une part par XII, XIII et XIV, et d'autre part par XV, XVI et XVII. J'ai trouvé par le calcul, pour ces points, respectivement $p = 83\%,26$, $p = 83\%,05$ et $p = 83\%,29$. Il est curieux de voir que ces courbes des indices montrent des points d'inflexion et qu'elles tournent visiblement leur convexité vers l'axe des abscisses pour les liquides XII et XIII.

Fig. 2 *a* donne les courbes du système (II) pour les raies A, D et H, avec leurs maxima calculés. Fig. 2 *b* donne les courbes du système (III) du texte pour les mêmes raies, avec leurs maxima indiqués par le calcul.

Fig. 3 *a* montre la courbe des coefficients A' de la formule à trois termes de CAUCHY, pour les liquides X à XVIII. Fig. 3 *b* montre la courbe des coefficients B de cette même formule, pour ces mêmes liquides. Fig. 3 *b* en donne la courbe pour le coefficient C. Les ordonnées de B et de C semblent indiquer un minimum très intéressant entre les liquides XIII et XIV.

Erratum dans le texte.

pag. 88, la seconde formule (IV), *lisez:* B *cos.* N = 0,5961 C + 0,4401 D.

Erratum dans les tables.

Table A, position A. *lisez:* le premier angle α = 34° 20′ 59″,2 au lieu de 34° 21′ 59,″2

A.

E.		Position F.		Position G.
1′,0	II	34° 16′ 15″,2	II	34° 13′ 22″,8
0,1	〃	16 24,1	〃	12 48,4
2,6	〃	16 32,2	〃	12 57,0
6,7	〃	16 22,7	〃	12 45,4
0,5	〃	16 31,8	〃	12 50,2
9,7	〃	16 31,6	〃	12 45,9
6,0	〃	16 28,0		
4,7	〃	16 36,5		
0,5	〃	16 6,6		
8,5	〃	16 22,2		
9,5	〃	15 56,1		
6,6	〃	16 16,0		
2,8	〃	16 25,2		
7,9	〃	16 34,3		
0,1	〃	16 3,1		
7,6	〃	15 57,4		
	〃	16 15,3		
	〃	16 0,2		
	〃	15 33,5		
	〃	15 40,5		
	〃	15 40,6		
	〃	15 44,4		
	〃	15 37,9		
	〃	15 31,2		
	〃	15 36,5		
	〃	15 37,0		
	〃	15 39,9		
	〃	15 39,0		
	〃	15 58,1		
	〃	16 5,9		
″,7		0′ 44″,3		— 0′ 58″,0
′,7		50,7		— 32,2
5,5		52,0		+ 31,3
5,5		21,3		— 1′ 43″,4

C.

	R.
	0
	0%,100
:	0,152
:	4,458
)	15,820
2	19,002
5	
1	23,293

T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
0°	1,00000					1,00000	0	0
15°,43	0,99987					1,00068	0%,100	0%,100
0°,34	1,00118							
6,93	1,00121							
12,02	1,00064							
12,03	1,00071							
		7°,83	1,00091			1,00110	0,152	0,152
8°,63	1,03036							
13,14	1,02946			10°,89	20,0			
		10,89	1,02991			1,03209	4,458	4,458
—3°,57	1,11957							
—2,17	1,11909	—2,87	1,11942					
5,88	1,11515			1,97	48,0			
7,73	1,11440	6,81	1,11477					
12,44	1,11242			9,64	43,4			
12,48	1,11221	12,46	1,11232	15,52	35,5			
18,59	1,11018							
		7,34	1,11474			1,11784	15,820	15,820
—2°,55	1,14440							
—2,22	1,14406	—,238	1,14423					
6,21	1,13950			2,27	53,9			
7,63	1,13894	6,92	1,13922					
11,38	1,13699							
11,88	1,13650	11,63	1,13675	9,25	52,5			
19,41	1,13293			15,47	49,1			
		7,39	1,13905			1,14288	19,002	19,002
0°,89	1,17776							
10,80	1,17110			5,84	67,1			
16,66	1,16723	14,42	1,16878					
19,42	1,16569	18,04	1,16646	18,04	55,8			
		11,94	1,17045			1,17714	23,285	
7,40	1,17306			8,51	45,0			
9,62	1,17206	8,51	1,17255					
18,02	1,16707							
		13,27	1,16982			1,17725	23,301	23,293

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
VIII*a*	—2°,35	1,23435							
b	—0,45	1,23293	—1°,40	1,23364					
c	6,46	1,22790			3°,37	69,5			
d	9,81	1,22612	8,14	1,22701					
e	14,60	1,22263			11,37	67,8			
f	19,43	1,21983			17,02	58,0			
VIII′			7,92	1,22729			1,23245	30%,104	30%,104
IX*a*	0°,86	1,30552							
b	10,20	1,29834			5,53	76,9			
c	13,32	1,29591							
d	19,39	1,29140	16,36	1,29366	16,36	74,3			
IX′			10,94	1,29779			1,30606	38,813	
IX$^{\alpha}$	14,73	1,29509							
IXβ	20,28	1,28981							
IX″			17,36	1,29245			1,30557	38,757	38,755
X*a*	— 2°,55	1,38553							
b	0,68	1,38295	—0,94	1,38424					
c	5,32	1,37951			2,59	77,8			
d	6,92	1,37799	6,12	1,37875					
e	12,32	1,37341			9,23	84,1			
f	12,38	1,37365	12,35	1,37353					
g	19,20	1,36792			15,88	81,8			
X′			7,75	1,37728			1,38357	47,305	
X^{j} *a*	11,35	1,37295							
X$^{\gamma}$ *b*	19,61	1,36573							
X″			15,48	1,36934			1,38189	47,127	47,216
XI*a*	—2°,74	1,47710							
b	—2,27	1,47739	—2,51	1,47725					
c	10,0	1,46652			3,75	85,8			
d	13,43	1,46369	16,13	1,46151	11,72	82,5			
e	18,56	1,45957	18,84	1,45933					
f	19,11	1,45909			16,13	80,6			
XI′			9,35	1,46722			1,47498	56,398	
XI$^{\alpha}$	14,32	1,46092							
XIβ	18,28	1,45596							
XI″			16,72	1,45844			1,47172	56,092	56,248

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
I*a*	—2°,32	1,56016							
b	10,77	1,54783			4°,22	94,2			
c	16,05	1,54279			13,41	95,5			
d	20,94	1,53900	18°,50	1,54089	18,50	97,9			
I′			11,36	1,54745			1,55813	63ˣ,865	
I$^{\alpha}$ *a*	10,14	1,54811							
b	14,40	1,54390	12,27	1,54601	12,27	98,8			
I$_{\beta}$*a*	11,33	1,54009							
b	20,97	1,53195	16,15	1,53602	16,15	83,4			
$^{\pi}$			14,21	1,54102			1,55438	63,524	63ˣ,695
a	—3°,43	1,65666							
b	9,18	1,64454			2,88	96,1			
c	12,13	1,64183			10,56	91,9			
d	13,88	1,64036	13,01	1,64110					
e	19,39	1,63531	16,64	1,63784	16,64	90,6			
′			10,23	1,64374			1,65324	72,138	
$^{\alpha}$	14,03	1,63933							
$^{\beta}$	19,08	1,62842							
$^{\pi}$			16,55	1,63388			1,64925	71,801	71,970
a	—3°,01	1,77095							
b	9,17	1,75706			3,08	114,0			
c	12,32	1,75372	10,75	1,75539	10,75	106,0			
d	13,17	1,75362							
e	17,90	1,74866	15,54	1,75114	15,54	104,8			
′			9,91	1,75680			1,76699	81,695	
$^{\alpha}$ *a*	11,83	1,74900			15,92	86,4			
b	20,01	1,74193	15,92	1,74547					
$^{\beta}$	19,03	1,73991							
$^{\pi}$			17,48	1,74269			1,76066	81,132	81,414
a	14°,55	1,79251							
b	18,08	1,78823			16,68	108,1			
c	19,53	1,78757	18,81	1,78790					
′			17,40	1,78944			1,80824	86,024	
γ	18,25	1,78705							
$^{\pi}$			18,25	1,78705			1,80676	85,845	85,935

	T.	W.	T.	W.	T.	D.	W. à 0° C.	R.	R.
XVI*a*	1°,68	1,83185							
b	7,95	1,82459			4°,82	115,8			
c	13,59	1,81872	10°,77	1,82166	10,77	104,1			
XVI′			7,74	1,82505			1,83356	89%,099	
XVI$^{\gamma}$	10,77	1,81939							
XVI$^{\pi}$			10,77	1,81939			1,83123	88,847	88%,973
XVII*a*	1°,28	1,84463							
b	8,88	1,83621			5,08	114,6			
c	13,18	1,83191	11,03	1,83406	11,03	100,0			
XVII′			7,78	1,83758			1,84593	91,614	
XVII$^{\gamma}$	12,95	1,83095							
XVII$^{\pi}$			12,95	1,83095			1,84485	91,237	91,426
XVIII*a*	1°,12	1,85180							
b	6,74	1,84553			3,93	111,5			
c	12,68	1,83913			9,71	107,7			
d	13,81	1,83798	13,25	1,83856					
e	15,38	1,83685							
f	19,96	1,83213	17,67	1,83449	16,89	95,1			
XVIII′			11,62	1,84057			1,85270	95,614	
XVIII$^{1\alpha}$	18,98	1,82857							
XVIII$^{1\beta}$	17,33	1,83286							
XVIII$^{2\gamma}$	10,29	1,83955							
XVIII$^{1\pi}$			18,16	1,83072			1,84959	93,616	94,615
XVIII$^{2\pi}$			10,29	1,83955			1,85029	94,018	94,616

§) *Un milligramme de la perte en poids du cylindre donne* 0,00025 *dans la densité trouvée; 2 secondes dans la déviation minima donnent* 1,5, *et* 2 *secondes dans l'angle du prisme donnent* 0,63 *dans les cinquièmes décimales de l'indice de réfraction*

M	a (δ. ε. ζ.) 34° 15′ 59″,4		a′ (γ) 34° 15′ 59″,4		A. ½ (a + a′)		I. a — a′		b (α). 34° 15′ 21″,8		b′ (β. γ. δ. ε.) 34° 15′ 21″,8		B. ½ (b + b′)		K. b — b′		N. ½ (A + B)		L. A — B.	
	T	R	T	R	T	R′	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	22°,2	1,32873	22°,3	880	22°,3	877	-0°,1	6	19°,5	893	13°,5	951	16°,5	922	6°,0	58	19°,4	1,32900	5°,8	45
a	22,3	1,32967	22,3	966	22,3	966	0,1	— 1	19,6	980	13,5	022	16,5	001	6,1	42	19,4	1,32984	5,8	35
B	22,4	1,33031	22,3	031	22,3	031	0,1	0	19,7	043	13,4	089	16,5	066	6,3	46	19,4	1,33049	5,8	35
C	22,4	1,33102	22,3	101	22,4	101	0,1	1	19,8	125	13,4	163	16,6	144	6,4	38	19,5	1,33123	5,8	43
D	22,5	1,33284	22,3	277	22,4	281	0,2	7	19,8	313	13,3	356	16,6	335	6,5	43	19,5	1,33308	5,8	54
E	22,6	1,33502	22,3	498	22,4	500	0,3	4	20,0	540	13,3	573	16,6	556	6,7	33	19,5	1,33528	5,8	56
b	22,6	1,33538	22,3	540	22,5	539	0,3	+ 2	20,0	571	13,2	615	16,6	593	6,8	44	19,5	1,33566	5,9	54
F	22,5	1,33697	22,4	695	22,4	696	0,1	— 2	20,1	720	13,2	772	16,6	746	6,9	52	19,5	1,33721	5,8	50
$\overline{G}$			22,4	877	22,4	877			20,1	905	13,2	953	16,6	929	6,9	48	19,5	1,33903	5,8	52
G	22,5	1,34046	22,4	045	22,5	045	0,1	1	20,1	057	13,2	111	16,6	084	6,9	54	19,5	1,34065	5,9	39
$\overline{H}$	22,5	1,34225	22,4	213	22,5	219	0,1	12	20,2	228	13,2	278	16,7	253	7,0	50	19,6	1,34236	5,8	34
H	22,5	1,34342	22,4	324	22,4	333	0,1	18	20,2	339	13,1	399	16,7	369	7,1	60	19,6	1,34351	5,7	36
Moyennes							0,1	— 3							6,7	47			5,8	44,5

$$\begin{aligned} 0°,1 &= -3 \\ 6,7 &= \ \ 47 \\ \hline 6°,8 &= \ \ 44 \end{aligned}$$

E.

I^3. EAU DISTILLÉE.

M	*e* 34° 14′ 24″,5		*e′* 34° 14′ 10″,3		E ½ (*e* + *e′*)		I *e* — *e*,		*f* 34° 15′ 10″,2		*f′* 34° 15′ 10″,2		F ½ (*f* + *f′*)		K *f′* — *f*		N ½ (*E* + *F*)		L *E* — *F*	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	25°,6	1,32881	21°,9	907	23°,7	894	3°,7	26	20°,1	902	26°,6	861	23°,4	882	6°,5	41	23°,5	1,32888	0°,3	— 12
a	25,5	1,32950			25,5	950			20,1	004	26,7	921	23,4	963	6,6	83	24,5	1,32957	2,1	+ 13
B	25,7	1,32994	21,9	055	23,8	024	3,8	61	20,0	065	26,7	003	23,4	034	6,7	62	23,6	1,33029	0,4	10
C	25,7	1,33070	21,9	119	23,8	095	3,8	49	20,0	132	26,7	072	23,4	102	6,7	60	23,6	1,33099	0,4	7
D	25,7	1,33271	21,8	308	23,8	289	3,9	37	20,0	319	26,7	237	23,4	278	6,7	82	23,6	1,33284	0,4	— 11
E	25,7	1,33485	21,8	526	23,7	506	3,9	41	20,0	540	26,7	473	23,4	507	6,7	67	23,6	1,33507	0,3	+ 1
b	25,7	1,33534	21,8	571	23,7	553	3,9	37	20,0	583	26,7	512	23,4	548	6,7	71	23,5	1,33551	0,3	— 5
F	25,7	1,33684	21,7	719	23,7	702	3,9	35	20,0	727	26,7	660	23,4	694	6,7	67	23,5	1,33698	0,3	8
$\overline{G}$	25,7	1,33868	21,7	917	23,7	893	4,0	49	19,9	922	26,7	859	23,3	891	6,8	63	23,5	1,33892	0,4	2
G	25,7	1,34040	21,7	068	23,7	054	4,0	28	19,9	080	26,7	012	23,3	046	6,8	68	23,5	1.34050	0,4	8
$\overline{H}$	25,7	1,34214	21,7	249	23,7	232	4,0	35	19,8	253	26,7	176	23,3	215	6,9	77	23,5	1,34222	0,4	17
H	25,7	1,34341	21,7	358	23,7	349	4,0	17	19,8	373	26,7	295	23,3	334	6,9	78	23,5	1,34342	0,4	15
Moyennes							3,9	37,6							6,7	68,3			0,5	—4,0

3°,9 = 37,6
6,7 = 68,3
10°,6 = 105,9

M	f 34° 14′ 24″,5		f' 34° 14′ 23″,5		f'' 34° 14′ 26″,1		f''' 34° 14′ 26″,1		(f) $\frac{1}{3}(f+f'+f'')$		F $\frac{1}{4}\left(f+f'+f''+f'''\right)$		I $f'''-(f)$		g 34° 13′ 59″,3		g' 34° 13′ 59″,3		G $\frac{1}{2}(g+g')$		K $g'-g$		N $\frac{1}{2}(F+G)$		L $G-F$	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	22°,8	1,32905	21°,2	907	20°,7	918	25°,0	886	21°,6	910	22°,4	904	3°,4	24	22°,5	871	24°,8	848	23°,6	860	2°,3	23	23°,0	1,32882	1°,2	44
a	22,8	1,32991	21,1	984	20,7	992	25,0	951	21,5	989	22,4	979	3,5	38	22,5	955	24,8	934	23,6	945	2,3	19	23,0	1,32962	1,2	34
B	22,8	1,33052	21,1	053	20,7	056	25,0	015	21,5	054	22,4	044	3,5	39	22,4	023	24,8	998	23,6	011	2,4	25	23,0	1,33028	1,2	33
C	22,8	1,33122	21,1	121	20,7	125	25,0	086	21,5	123	22,4	114	3,5	37	22,4	095	24,8	069	23,6	082	2,4	26	23,0	1,33098	1,2	32
D	22,8	1,33308	21,1	303	20,7	309	25,1	267	21,5	307	22,4	297	3,6	40	22,4	280	24,9	257	23,6	269	2,5	23	23,0	1,33283	1,2	28
E	22,8	1,33514	21,1	525	20,7	532	25,1	488	21,5	524	22,4	515	3,6	36	22,5	502	24,9	479	23,7	491	2,4	23	23,0	1,33503	1,3	26
b	22,8	1,33556	21,0	577	20,8	575	25,0	530	21,5	569	22,4	559	3,5	39	22,5	544	24,9	516	23,7	530	2,4	28	23,0	1,33545	1,3	29
F	22,8	1,33705	21,0	722	20,8	723	25,0	677	21,5	713	22,4	707	3,5	36	22,5	693	24,9	664	23,7	679	2,4	29	23,0	1,33693	1,3	28
$\bar{G}$	22,8	1,33904	21,1	913	20,8	919	25,0	871	21,6	912	22,4	902	3,4	41	22,5	888	24,9	861	23,7	875	2,4	27	23,1	1,33889	1,3	27
G	22,9	1,34056	21,1	065	20,8	071	25,0	026	21,6	064	22,5	055	3,4	38	22,5	036	25,0	013	23,7	025	2,5	23	23,1	1,34040	1,2	30
$\bar{H}$	22,9	1,34228	21,1	239	20,8	244	25,0	196	21,6	237	22,5	227	3,4	41	22,5	208	25,0	182	23,8	195	2,5	26	23,1	1,34211	1,3	32
H	22,9	1,34358	21,1	356	20,8	368	25,0	318	21,6	361	22,5	350	3,4	43	22,5	322	25,0	299	23,8	311	2,5	23	23,2	1,34331	1,3	39
Moyennes.													3,5	38,1							2,4	24,4			1,3	31,8

3°,5 = 38,1
2,4 = 24,4
5°,9 = 62,5

I. EAU DISTILLÉE.

	I^1 T. 19°,5.	I^2 T. 23°,5.	I^3 T. 23°,0.	I^m T. 22°,0.	A FRAUNH. T. 18°,75.	B BAD. POW. T. 15°,8.	C DALE et GLADS. T. 15°,0.	½ (B + C) T. 15°,4.
A	1,32899	888	882	1,32890			1,3284	1,32925
a	1,32983	967	962	1,32971				
B	1,33048	030	028	1,33035	1,33096	1,3317	1,3300	1,33085
C	1,33123	100	098	1,33107	1,33171	1,3326	1,3307	1,33165
D	1,33308	285	283	1,33292	1,33358	1,3343	1,3324	1,33335
E	1,33528	508	503	1,33513	1,33585	1,3364	1,3347	1,33555
b	1,33566	551	545	1,33554				
F	1,33721	698	693	1,33704	1,33780	1,3386	1,3366	1,33760
$\overline{G}$	1,33903	892	890	1,33895				
G	1,34065	050	041	1,34052	1,34128	1,3419	1,3402	1,34105
$\overline{H}$	1,34237	222	212	1,34224				
H	1,34352	342	333	1,34342	1,34417	1,3448	1,3431	1,34395
P	6°,8 = 44,0	10°,6 = 105,9	5°,9 = 62,5					
Q	5°,8 = 44,5	0°,5 = —4,0	1°,3 = 31,8					
	Somme P. = 22°,3 = 212,4							
	Somme Q. = 7°,6 = 72,3							
X				9,5			9,0	
X′				9,6				

II. 0%,10 SO_3 HO.

M.	A 34° 15′ 59″,4	
	T	R
A	17°,6	1,32949
a	17,6	1,33018
B	17,5	1,33084
C	17,5	1,33149
D	17,5	1,33340
E	17,5	1,33561
b	17,6	1,33604
F	17,6	1,33756
$\bar{G}$	17,6	1,33947
G	17,6	1,34100
$\bar{H}$	17,6	1,34264
H	17,7	1,34391

IV. 4%,46 SO_3 HO.

M.	f 34° 14′ 24″,9		f′ 34° 14′ 24″,9		f″ 34° 14′ 24″,9		F ⅓ (f+f′+f″)		I. f—f′	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	14°,2	1,33492	13°,4	521	10°,7	574	12°,8	1,33529	3°,5	82
a	14,4	1,33572	13,4	592	10,7	661	12,8	1,33608	3,7	89
B	14,4	1,33639	13,5	658	10,6	729	12,8	1,33675	3,8	90
C	14,7	1,33709	13,4	731	10,6	801	12,9	1,33747	4,1	92
D	14,9	1,33902	13,7	924	11,1	990	13,2	1,33939	3,8	88
E	14,8	1,34129	13,7	151	11,1	217	13,2	1,34166	3,7	88
b	14,8	1,34175	13,7	195	11,2	260	13,2	1,34210	3,6	85
F	14,7	1,34326	13,7	349	11,3	410	13,2	1,34362	3,4	84
$\bar{G}$	14,8	1,34524	13,8	540	11,3	611	13,3	1,34558	3,5	87
G	14,7	1,34675	13,7	696	11,2	770	13,2	1,34714	3,5	95
$\bar{H}$	14,7	1,34847	13,7	867	11,2	947	13,2	1,34887	3,5	100
H	14,6	1,34985	13,7	999	11,1	066	13,1	1,35017	3,5	81
Moyennes									3,6	88,4

$$\frac{3°,6 = 88,4}{1 = 24,6}$$

III. $0^{k},15$ SO_3HO.

M.	a (ν, κ.) 34° 15′ 59″,4		a′ (μ, ν.) 34° 15′ 59″,4		A. ½ (a + a′)		I. a — a′		b (ζ, η, θ.) 34° 15′ 21″,8		b′ (υ, φ.) 34° 15′ 21″,8		b″ (υ, φ.) 34° 15′ 21″,8		(b) ½ (b + b′)		B. ⅓ (b + b′ + b″)		K. b″ — (b)		N. ½ (A + B)		L. A — B.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	20°,0	1,32919	18°,2	933	19°,1	926	1°,8	+14	16°,7	952	16°,8	945	18°,3	930	16°,8	949	17°,3	942	1°,5	19	18°,2	1,32934	1°,8	16
a	20,0	1,33003	18,2	005	19,1	004	1,8	2	16,6	019	16,8	023	18,3	004	16,7	021	17,2	015	1,6	17	18,2	1,33010	1,9	11
B	19,9	1,33068	18,3	079	19,1	074	1,6	11	16,6	094	16,8	088	18,3	074	16,7	091	17,2	085	1,6	17	18,2	1,33080	1,9	11
C	19,9	1,33138	18,3	147	19,1	143	1,6	9	16,6	160	16,7	161	18,4	146	16,7	161	17,2	156	1,7	15	18,2	1,33149	1,9	13
D̄													18,6	216			18,6	216			18,2	1,33219		
D	19,9	1,33324	18,4	329	19,1	327	1,5	5	16,6	352	16,7	353	18,5	332	16,6	353	17,3	346	1,9	21	18,2	1,33336	1,9	19
E	19,8	1,33545	18,4	552	19,1	549	1,5	7	16,6	575	16,6	574	18,6	558	16,6	575	17,3	569	2,0	17	18,2	1,33559	1,8	20
b	19,8	1,33591	18,4	593	19,1	592	1,5	2	16,6	615	16,6	618	18,6	596	16,6	616	17,3	610	2,0	20	18,2	1,33601	1,8	18
F	19,8	1,33743	18,4	745	19,1	744	1,5	2	16,6	760	16,6	764	18,6	745	16,6	762	17,3	756	2,0	17	18,2	1,33750	1,8	12
Ḡ	19,7	1,33923	18,4	939	19,1	931	1,3	16	16,6	957	16,6	954	18,6	938	16,6	955	17,3	950	2,0	17	18,2	1,33940	1,8	19
G	19,7	1,34092	18,4	098	19,0	095	1,3	6	16,6	109	16,6	110	18,6	094	16,6	110	17,3	104	2,0	16	18,2	1,34100	1,7	9
H̄	19,7	1,34258	18,3	267	19,0	263	1,4	9	16,5	276	16,6	275	18,5	261	16,5	276	17,2	271	2,0	15	18,1	1,34267	1,8	8
H	19,7	1,34387	18,2	381	19,0	384	1,5	— 6	16,4	397	16,6	399	18,5	385	16,5	398	17,2	394	2,0	13	18,1	1,34389	1,8	10
	Moyennes						1,5	6,4											1,9	17			1,8	13,8

1°,5 = 6,4
1,9 = 17,0
3°,4 = 23,4
1 = 6,8

M.	a (λ) 34° 15′ 59″,4		a′ (ξ) 34° 15′ 59″,4		A. ½ (a + a′)		I. a — a′		b (ι, κ.) 34° 15′ 21″,8		b′ (σ, τ.) 34° 15′ 21″,8		b″ (ω, ω.) 34° 15′ 21″,8		(b) ½ (b + b′)		B. ⅓ (b + b′ + b″)		K. b″ — (b)		N. ½ (A + B)		L. A. — B.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	21°,0	1,34712	19°,1	751	20°,1	732	1°,9	39	13°,8	892	14°,0	871	19°,2	797	13°,9	882	15°,7	853	5°,3	85	17°,9	1,34793	4°,4	121
a	21,0	1,34810	19,1	839	20,1	820	1,9	29	13.8	972	13,9	978	19,2	876	13,9	975	15,6	942	5,3	99	17,9	1,34881	4,5	122
B	21,0	1,34875	19,1	918	20,1	896	1,9	43	13,8	ϕ040	13,9	ϕ045	19,1	944	13,8	ϕ043	15,6	ϕ010	5,3	99	17,9	1,34953	4,5	114
C	21,0	1,34954	19,1	991	20,1	972	1,9	37	13,7	116	13,9	121	19,1	023	13,8	118	16,6	087	5,3	95	17,9	1,35028	4,5	115
D̲													19,5	040			19,5	040			17,9	1,35075		
D̄											13,4	243					13,4	243			17,9	1,35160		
D	21,0	1,35156	19,1	182	20,1	169	1,9	26	13,7	320	13,8	319	19,1	218	13,8	319	15,5	286	5,3	101	17,8	1,35228	4,6	117
E	21,0	1,35391	19,1	423	20,1	407	1,9	32	13,7	556	13,8	562	19,1	457	13,8	559	15,5	525	5,3	102	17,8	1,35466	4,6	118
b	21,0	1,35441	19,1	474	20,1	458	1,9	33	13,9	599	13,9	603	19,1	503	13,9	601	15,6	568	5,2	98	17,8	1,35513	4,5	110
F	21,0	1,35592	19,1	630	20,1	611	1,9	38	13,9	761	13,9	759	19,1	660	13,9	760	15,6	727	5,2	100	17,9	1,35669	4,5	116
Ḡ	21,0	1,35797	19,1	825	20,1	811	1,9	28	13,9	959	13,9	968	19,1	861	13,9	964	15,6	929	5,2	103	17,9	1,35875	4,5	118
G	21,0	1,35953	19,1	985	20,1	969	1,9	32	13,9	120	13,9	124	19,1	ϕ23	13,9	122	15,6	ϕ089	5,2	99	17,9	1,36029	4,5	120
H̄	21,0	1,36134	19,1	165	20,1	150	1,9	31	13,9	296	13,9	295	19,1	196	13,9	296	15,6	262	5,2	100	17,9	1,36206	4,5	112
H	21,0	1,36264	19,1	305	20,1	285	1,9	41	13,9	420	13,9	422	19,1	317	13,9	421	15,6	386	5,2	104	17,9	1,36336	4,5	101
Moyennes							1,9	34,1											5,3	98,8			4,5	115,3

$$
\begin{array}{r}
1^c,9 = 34,1 \\
5,3 = 98,8 \\
\hline
7^\circ,2 = 132,9 \\
\hline
1 = 18,7
\end{array}
$$

VI. 19%,00 SO_3 HO.

M.	a (o, π.) 34° 15′ 59″,4		a′ (τ) 34° 15′ 59″,4		a″ (υ, φ.) 34° 15′ 59″,4		(a) ½ (a′ + a″)		A. ⅓(a+a′+a″)		I. (a) — a		b (λ, ζ.) 34° 15′ 21″,8		b′ (π, ρ.) 34° 15′ 21″,8		B. ½ (b + b′)		N. b′ — b		N. ½ (A + B)		L. A — B.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	19°,3	1,35156	26°,8	029	26°,2	066	26°,5	048	24°,1	084	7°,2	108	17°,3	214	18°,3	185	17°,8	200	1°,0	29	20°,9	1,35142	6°,3	116
a	19,3	1,35250	26,8	127	26,1	150	26,5	139	24,1	176	7,2	111	17,3	292	18,1	269	17,7	281	0,8	23	20,9	1,35229	6,4	105
B	19,3	1,35321	26,8	202	26,1	214	26,5	208	24,1	246	7,2	113	17,2	371	18,1	351	17,6	361	0,8	20	20,9	1,35304	6,5	115
C	19,3	1,35405	25,6	291	26,1	300	25,9	295	23,7	332	6,6	110	17,2	452	18,0	433	17,6	442	0,8	19	20,6	1,35387	6,1	110
D	19,3	1,35605	25,6	503	26,1	503	25,9	503	23,7	537	6,6	102	17,1	656	18,0	635	17,6	646	0,9	21	20,6	1,35591	6,1	109
E	19,3	1,35853	25,6	738	26,0	742	25,8	740	23,6	778	6,5	113	17,1	898	17,9	879	17,5	889	0,8	19	20,6	1,35834	6,1	111
b	19,3	1,35888	25,6	789	26,0	791	25,8	790	23,6	823	6,5	98	17,1	946	17,9	926	17,5	936	0,8	20	20,5	1,35879	6,1	113
F	19,4	1,36049	25,5	942	26,0	941	25,7	942	23,6	977	6,3	107	17,0	101	17,9	081	17,5	091	0,9	20	20,5	1,36034	6,1	114
$\overline{G}$	19,4	1,36263	25,5	141	26,0	154	25,7	148	23,6	186	6,3	115	17,0	302	17,9	283	17,5	293	0,9	19	20,5	1,36240	6,1	107
G	19,4	1,36408	25,4	303	26,0	320	25,7	311	23,6	344	6,3	97	17,0	464	17,9	445	17,4	455	0,9	19	20,5	1,36400	6,2	111
$\overline{H}$	19,4	1,36579	25,4	480	26,0	486	25,7	483	23,6	515	6,3	96	17,0	644	17,9	626	17,4	635	0,9	18	20,5	1,36575	6,2	120
H	19,4	1,36705	35,3	615	26,0	613	25,7	614	23,6	644	6,3	91	16,9	765	17,9	743	17,4	754	1,0	22	20,5	1,36699	6,2	110
Moyennes											6,6	105,1							0,9	20,7			6,2	111,8

6°,6 = 105,1
0,9 = 20,7
7°,5 = 125,8
1 = 16,8

M	c 34° 16′ 16″,7		c′ 34° 16′ 16″,7		C. ½ (c+c′)		I. c′ — c		d 34° 15′ 24″,5		d′ 34° 15′ 24″,0		D. ½ (d+d′)		K. d′ — d		N. ½ (C + D)		L. D — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	10°,8	1,35915	13°,4	854	12°,1	885	2°,6	61	22°,0	658	25°,0	601	23°,5	630	3°,0	57	17°,8	1,35758	11°,4	255
a	10,8	1,35997	13,5	943	12,1	970	2,7	54	22,1	750	25,0	687	23,6	719	2,9	63	17,9	1,35845	11,5	251
B	10,8	1,36082	13,5	015	12,2	049	2,7	67	22,4	821	25,0	769	23,7	795	2,6	52	17,9	1,35922	11,5	254
C	10,8	1,36169	13,5	098	12,2	134	2,7	71	22,5	901	25,0	842	23,8	871	2,5	59	18,0	1,36002	11,6	263
D	10,8	1,36372	13,6	307	12,2	339	2,8	65	22,5	101	25,0	043	23,8	072	2,5	58	18,0	1,36206	11,6	267
E	10,8	1,36615	13,6	545	12,2	580	2,8	70	22,6	344	25,0	288	23,8	316	2,4	56	18,0	1,36448	11,6	264
b	10,8	1,36660	13,6	592	12,2	626	2,8	68	22,7	386	25,0	334	23,8	360	2,3	52	18,0	1,36493	11,6	266
F	10,8	1,36821	13,6	749	12,2	785	2,8	72	22,7	545	25,0	488	23,8	517	2,3	57	18,0	1,36651	11,6	268
$\bar{G}$	10,8	1,37019	13,6	956	12,2	987	2,8	63	22,7	735	25,0	689	23,9	712	2,3	46	18,0	1,36849	11,7	275
G	10,8	1,37192	13,6	116	12,2	154	2,8	76	22,8	900	25,0	849	23,9	875	2,2	51	18,1	1,37015	11,7	279
$\bar{H}$	10,8	1,37368	13,6	311	12,2	340	2,8	57	22,8	085	25,0	023	23,9	054	2,2	62	18,1	1,37197	11,7	286
H	10,7	1,37510	13,7	418	12,2	464	3,0	92	22,8	221	25,0	155	23,9	188	2,2	66	18,1	1,37326	11,7	276
Moyennes							2,8	68,0							2,4	56,6			11,6	267,0

$$
\begin{aligned}
2°,8 &= 68,0\\
2,4 &= 56,6\\
\hline
5°,2 &= 124,6\\
\hline
1 &= 24,0
\end{aligned}
$$

VIII. 30^x,10 SO_3 HO.

M.	b (v.) 34° 15′ 21″,8		b′ (ζ, o.) 34° 15′ 21″,8		b″ (ζ, o.) 34° 15′ 21″,8		(b) ½ (b′ + b″)		B. ½ (b + (b))		I. b − (b)		c (v, x.) 34° 16′ 28″,6		c′ (v, x.) 34° 16′ 28″,6		C. ½ (c + c′)		K. c′ − c		N. ½ (C + B)		L. B − C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	17°,8	1,36567	12°,7	703	14°,4	649	13°,3	685	15°,5	626	4°,5	118	2°,3	939	3°,6	909	2°,9	924	1°,3	30	9°,2	1,36775	12°,6	298
a	17,7	1,36670	12,6	775	14,5	743	13,2	764	15,5	717	4,5	94	2,3	ø32	3,6	988	2,9	ø10	1,3	44	9,2	1,36864	12,6	293
B	17,6	1,36743	12,6	865	14,6	806	13,3	845	15,5	794	4,3	102	2,3	108	3,6	ø69	2,9	ø89	1,3	39	9,2	1,36942	12,6	295
C	17,6	1,36830	12,6	949	14,6	893	13,3	930	15,4	880	4,2	100	2,3	197	3,6	160	2,9	179	1,3	37	9,1	1,37030	12,5	299
D̄			12,6	071	14,7	006	13,3	049	13,3	049											9,1	1,37152		
D	17,4	1,37043	12,5	163	14,8	104	13,3	143	15,4	093	4,1	100	2,3	418	3,6	379	2,9	399	1,3	39	9,1	1,37246	12,5	306
E	17,3	1,37294	12,5	411	14,8	351	13,3	391	15,3	343	4,0	97	2,3	665	3,6	635	2,9	650	1,3	30	9,1	1,37497	12,4	307
b	17,3	1,37341	12,5	462	14,8	401	13,3	442	15,3	392	4,0	101	2,4	715	3,6	679	3,0	697	1,2	36	9,1	1,37545	12,3	305
F	17,2	1,37498	12,5	622	14,5	562	13,2	602	15,2	550	4,0	104	2,4	880	3,6	842	3,0	861	1,2	38	9,1	1,37705	12,2	311
Ḡ	17,2	1,37712	12,5	833	14,4	783	13,1	816	15,2	764	4,1	104	2,4	ø82	3,6	ø53	3,0	ø68	1,2	29	9,1	1,37916	12,2	304
G	17,1	1,37874	12,5	995	14,4	938	13,1	976	15,1	925	4,0	102	2,5	260	3,6	223	3,0	241	1,1	37	9,1	1,38083	12,1	316
H̄	17,1	1,38052	12,4	177	14,4	132	13,1	162	15,1	107	4,0	110	2,5	420	3,6	399	3,0	410	1,1	21	9,1	1,38259	12,1	303
H	17,1	1,38185	12,4	308	14,4	259	13,1	292	15,1	238	4,0	107									9,1	1,38395		
Moyennes											4,1	103,3							1,2	34,6			12,4	303,6

4°,1 = 103,3
1,2 = 34,6
5°,3 = 137,9
1 = 25,8

M	34° 16′ 7″,4		34° 16′ 7″,4		½ $(c+c')$		$d'-c$		34° 15′ 25″,2		34° 15′ 27″,5		D ½ $(d+d')$		K $d-d'$		N ½ $(C+D)$		L $D-C$	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	17°,5	1,37619	20°,2	550	18°,9	584	2°,7	69	21°,9	513	21°,2	520	21°,6	517	0°,7	7	20°,3	1,37550	2°,7	67
a	17,5	1,37731	20,2	641	18,9	686	2,7	90	21,9	610	21,2	615	21,6	613	0,7	5	20,2	1,37649	2,7	73
B	17,5	1,37811	20,2	727	18,8	769	2,7	84	21,9	696	21,2	699	21,6	698	0,7	3	20,2	1,37733	2,8	71
C	17,4	1,37895	20,2	810	18,8	853	2,8	85	22,0	776	21,2	789	21,6	782	0,8	13	20,2	1,37817	2,8	71
D	17,4	1,38113	20,2	031	18,8	072	2,8	82	22,0	993	21,2	000	21,6	996	0,8	7	20,2	1,38034	2,8	76
E	17,4	1,38370	20,2	288	18,8	329	2,8	82	22,0	245	21,2	258	21,6	252	0,8	13	20,2	1,38290	2,8	77
b	17,4	1,38418	20,2	337	18,8	379	2,8	81	22,1	289	21,2	305	21,6	297	0,9	16	20,2	1,38338	2,8	82
F	17,4	1,38582	20,2	501	18,8	542	2,8	81	22,2	455	21,2	468	21,7	462	1,0	13	20,2	1,38502	2,9	80
$\overline{G}$	17,4	1,38789	20,2	710	18,8	749	2,8	79	22,2	651	21,2	675	21,7	663	1,0	24	20,2	1,38706	2,9	86
G	17,4	1,38966	20,2	876	18,8	921	2,8	90	22,2	829	21,2	839	21,7	834	1,0	10	20,3	1,38877	2,9	87
$\overline{H}$	17,4	1,39154	20,2	063	18,8	109	2,8	91	22,3	011	21,1	020	21,7	016	1,2	9	20,3	1,39062	2,9	93
H	17,4	1,39286	20,3	175	18,8	231	2,9	111	22,3	142	21,1	158	21,7	150	1,2	16	20,3	1,39190	2,9	81
Moyennes							2,8	85,4							0,9	11,3			2,8	78,7

$$\begin{aligned} 2°,8 &= 85,4 \\ 0,9 &= 11,3 \\ \hline 3°,7 &= 96,7 \\ \hline 1 &= 26,1 \end{aligned}$$

X. 47%,22 SO_3 HO.

M.	b (χ, ψ.) 34° 15′ 21″,8		b′ (χ, ψ.) 34° 15′ 21″,8		B. ½ (b + b′)		I. b′ — b		c (η, θ.) 34° 16′ 28″,6		c′ (η, θ.) 34° 16′ 28″,6		C. ½ (c + c′)		K. c′ — c		N. ½ (B + C)		L. B — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	15°,3	1,38708	20°,6	582	17°,9	645	5°,3	126	9°,0	842	11°,6	800	10°,3	821	2°,6	41	14°,1	1,38733	7°,6	176
a	15,2	1,38817	20,6	680	17,9	749	5,4	137	9,0	955	11,6	881	10,3	918	2,6	74	14,1	1,38834	7,6	169
B	15,1	1,38898	20,7	769	17,9	834	5,6	129	9,0	ø59	11,6	974	10,3	ø17	2,6	82	14,1	1,38926	7,6	183
C	15,1	1,38988	20,7	858	17,9	923	5,6	130	9,0	139	11,6	ø64	10,3	102	2,6	75	14,1	1,39013	7,6	179
$\underline{C}$	15,1	1,39005			17,9	ø36											14,1	1,39026		
$\overline{D}$	14,5	1,39115	20,8	ø75	17,7	045	6,3	140									14,1	1,39139		
D	15,1	1,39214	20,6	071	17,8	142	5,5	143	9,0	355	11,6	298	10,3	326	2,6	57	14,1	1,39234	7,5	184
E	15,0	1,39475	20,6	334	17,8	404	5,6	141	9,0	617	11,6	558	10,3	587	2,6	59	14,1	1,39496	7,5	183
b	15,0	1,39522	20,6	383	17,8	453	5,6	139	9,0	670	11,6	609	10,3	640	2,6	61	14,1	1,39547	7,5	187
F	15,0	1,39697	20,6	550	17,8	624	5,6	147	9,0	837	11,6	775	10,3	806	2,6	62	14,1	1,39715	7,5	182
$\overline{G}$	15,0	1,39907	20,6	764	17,8	836	5,6	143	9,0	ø52	11,6	992	10,2	ø22	2,7	60	14,0	1,39929	7,6	186
G	15,0	1,40079	20,6	ø36	17,8	008	5,6	143	8,9	229	11,6	167	10,2	198	2,7	62	14,0	1,40103	7,6	190
$\overline{H}$	15,0	1,40261	20,6	123	17,8	192	5,6	138	8,9	419	11,5	353	10,2	386	2,6	66	14,0	1,40289	7,6	194
H	15,0	1,40397	20,6	252	17,8	325	5,6	145	8,8	548	11,5	485	10,2	517	2,7	63	14,0	1,40421	7,6	192
Moyennes							5,6	139,2							2,6	63,6			7,6	187,5

5°,6 = 139,2
2,6 = 63,6
8°,2 = 202,8
1 = 24,6

M.	c 34° 15′ 56″,1		c′ 34° 15′ 56″,1		C. ½ (c+c′)		I. c′ — c		d 34° 15′ 16″,8		d′ 34° 15′ 16″,8		D. ½ (d+d′)		K. d′ — d		N. ½ (C + D)		L. D. — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	17°,6	1,39807	19°,9	741	18°,8	774	2°,3	66	25°,9	587	27°,5	560	26°,7	574	1°,6	27	22°,7	1,39674	7°,9	200
a	17,6	1,39909	19,8	836	18,7	873	2,2	73	25,9	705	27,5	649	26,7	677	1,6	56	22,7	1,39775	8,0	196
B	17,5	1,40006	19,6	9̸41	18,6	9̸74	2,1	65	25,9	7̸89	27,5	7̸53	26,7	7̸71	1,6	36	22,7	1,39872	8,1	203
C	17,5	1,40093	19,6	029	18,6	061	2,1	64	25,9	8̸77	27,5	8̸38	26,7	8̸58	1,6	39	22,7	1,39959	8,1	203
D	17,5	1,40322	19,6	262	18,6	292	2,1	60	25,9	103	27,5	066	26,7	085	1,6	37	22,6	1,40188	8,1	207
E	17,6	1,40587	19,6	530	18,6	559	2,0	57	25,9	369	27,5	330	26,7	349	1,6	39	22,6	1,40454	8,1	210
b	17,5	1,40643	19,6	579	18,5	611	2,1	64	25,9	420	27,5	384	26,7	402	1,6	36	22,6	1,40507	8,2	209
F	17,5	1,40810	19,5	746	18,5	778	2,0	64	25,9	586	27,5	549	26,7	568	1,6	37	22,6	1,40673	8,2	210
Ḡ	17,5	1,41029	19,5	9̸70	18,5	9̸99	2,0	59	25,9	8̸06	27,5	7̸69	26,7	7̸87	1,6	37	22,6	1,40893	8,2	212
G	17,4	1,41198	19,5	140	18,5	169	2,1	58	25,9	9̸78	27,5	9̸38	26,7	9̸58	1,6	40	22,6	1,41064	8,2	211
H̄	17,4	1,41392	19,5	319	18,5	355	2,1	73	25,9	165	27,5	123	26,7	144	1,6	42	22,6	1,41250	8,2	211
H	17,4	1,41528	19,6	466	18,5	497	2,1	62	25,9	314	27,5	269	26,7	292	1,6	45	22,6	1,41394	8,2	205
Moyennes							2,1	63,7							1,6	39,3			8,1	206,4

2°,1 = 63,7
1,6 = 39,3
3°,7 = 103,0
1 = 27,9

XII. 63^{x},69 SO_3, HO.

M	c		c′		C		I		d		d,		d″		(d)		D		K		N		L	
	34° 16′ 14″,3		34° 16′ 14″,3		⅓ (c + c′ + c″)		c′ — c		34° 15′ 17″,2		34° 15′ 17″,2		34° 15′ 5″,5		½ (d + d′)		⅓ (d + d′ + d″)		d″ — (d)		½ (C + D)		D — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	9°,2	1,41049	10°,4	022	9°,8	036	1°,2	27	21°,6	770	22°,1	741	24°,8	659	21°,9	755	22°,8	723	2°,9	96	16°,3	1,40880	13°,0	313
a	9,3	1,41154	10,4	125	9,8	140	1,1	29	21,6	879	22,0	855	24,8	781	21,8	867	22,8	838	3,0	86	16,3	1,40989	13,0	302
B	9,5	1,41250	10,3	216	9,9	233	0,8	34	21,6	954	22,0	945	24,8	864	21,8	950	22,8	921	3,0	86	16,3	1,41077	12,9	312
C	9,6	1,41341	10,3	312	9,9	326	0,7	29	21,6	051	21,9	034	24,9	955	21,8	043	22,8	013	3,1	88	16,4	1,41170	12,9	313
D	8,6	1,41599	10,3	544	9,5	571	1,7	55	21,6	280	21,9	262	24,9	182	21,8	271	22,8	241	3,1	89	16,2	1,41406	13,3	330
E	8,7	1,41876	10,2	823	9,5	850	1,5	53	21,7	552	21,8	536	25,0	455	21,8	544	22,8	514	3,2	89	16,2	1,41682	13,3	336
b	8,7	1,41928	10,2	875	9,4	902	1,5	53	21,7	601	21,8	585	25,0	506	21,8	593	22,9	564	3,2	87	16,2	1,41733	13,5	338
F	8,7	1,42099	10,1	052	9,4	075	1,4	47	21,7	774	21,8	758	25,0	677	21,8	766	22,8	736	3,2	89	16,1	1,41905	13,4	339
$\bar{G}$	8,8	1,42325	10,1	263	9,4	294	1,3	62	21,7	993	21,8	975	25,0	899	21,8	984	22,8	956	3,2	85	16,1	1,42125	13,4	338
G	8,7	1,42489	10,0	444	9,4	467	1,3	45	21,7	169	21,8	153	25,0	072	21,8	161	22,8	132	3,2	89	16,1	1,42300	13,4	335
$\bar{H}$	8,7	1,42683	10,0	623	9,4	653	1,3	60	21,7	361	21,9	348	25,0	262	21,8	355	22,9	324	3,2	93	16,1	1,42488	13,5	329
H	8,7	1,42824	10,0	782	9,4	802	1,3	42	21,7	491	21,9	494	25,0	397	21,8	493	22,9	461	3,2	96	16,2	1,42631	13,5	341
	Moyennes.						1,3	44,7											3,1	89,3			13,3	327,1

$$1°,3 = 44,7$$
$$3,1 = 89,3$$
$$4°,4 = 134,0$$
$$1 = 30,4$$

XIII. 71$^{\%}$,97 SO_3 HO.

M.	c 34° 16′ 23,8		c′ 34° 16′ 23″,8		c″ 34° 16′ 10″,0		(c) ½ (c + c′)		C. ⅓(c+c′+c″)		I. (c) — c″		d 34° 15′ 18″,9		d′ 34° 15′ 18″,9		D. ½ (d + d′)		K. d′ — d		N. ½ (C + D.		L. D — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	16°,0	1,42007	16°,0	000	14°,3	042	16°,0	004	15°,4	016	1°,7	38	22°,1	821	24°,2	774	23°,2	798	2°,1	47	19°,3	1,41907	7°,8	218
a	15,9	1,42112	16,0	104	14,3	145	16,0	108	15,4	120	1,7	37	22,1	949	24,2	885	23,1	917	2,1	64	19,3	1,42019	7,7	203
B	15,9	1,42203	16,0	202	14,3	237	15,9	203	15,4	214	1,6	34	22,1	037	24,2	977	23,2	007	2,1	60	19,3	1,42110	7,8	207
C	15,9	1,42299	15,9	294	14,3	330	15,9	296	15,4	308	1,6	34	22,1	131	24,3	068	23,2	100	2,2	63	19,3	1,42204	7,8	208
D	15,8	1,42540	15,9	537	14,3	573	15,8	538	15,3	550	1,5	35	22,1	369	24,3	302	23,2	335	2,2	67	19,3	1,42443	7,9	215
E	15,8	1,42811	15,9	805	14,3	847	15,8	808	15,3	821	1,5	39	22,1	645	24,3	579	23,2	612	2,2	66	19,3	1,42717	7,9	210
b	15,8	1,42866	15,9	859	14,3	895	15,8	862	15,3	873	1,5	33	22,3	698	24,3	633	23,3	666	2,0	65	19,3	1,42770	8,0	207
F	15,8	1,43039	15,9	033	14,3	073	15,8	036	15,3	048	1,5	37	22,3	871	24,3	809	23,3	840	2,0	62	19,3	1,42944	8,0	208
Ḡ	15,8	1,43261	15,9	263	14,3	300	15,8	262	15,3	275	1,5	38	22,2	092	24,3	018	23,2	055	2,1	74	19,2	1,43165	7,9	220
G	15,8	1,43446	15,9	440	14,3	479	15,8	443	15,3	455	1,5	36	22,2	266	24,2	197	23,2	232	2,0	69	19,2	1,43343	7,9	223
H̄	15,8	1,43641	15,9	640	14,4	671	15,8	641	15,4	651	1,4	30	22,2	461	24,2	387	23,2	424	2,0	74	19,3	1,43538	7,8	227
H	15,8	1,43781	15,9	766	14,4	803	15,8	774	15,4	783	1,4	29	22,2	596	24,2	531	23,2	563	2,0	65	19,3	1,43673	7,8	220
Moyennes											1,5	35,1							2,8	64,7			7,9	213,8

$$1°,5 = 35,1$$
$$2,8 = 64,7$$
$$4°,3 = 99,8$$
$$1 = 23,2$$

XIV. 81ᵡ,41 SO_3 HO.

M.	c 34° 16′ 32″,9		c′ 34° 16′ 32″,9		C. ½ (c + c′)		I. c′ — c		d 34° 15′ 21″,9		d′ 34° 15′ 21″,9		D. ½ (d + d′)		K. d′ — d		N. ½ (C + D)		L. D — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	15°,2	1,43143	16°,3	111	15°,8	127	1°,1	32	19°,8	998	22°,0	932	20°,9	965	2°,2	66	18°,4	1,43046	5°,1	162
a	15,1	1,43266	16,4	230	15,8	248	1,3	36	19,8	111	22,0	052	20,9	082	2,2	59	18,4	1,43165	5,1	166
B	15,1	1,43355	16,4	324	15,7	340	1,3	31	19,8	225	22,0	150	20,9	187	2,2	75	18,3	1,43263	5,2	153
C	15,0	1,43453	16,4	417	15,7	435	1,4	36	19,8	312	22,0	256	20,9	284	2,2	56	18,3	1,43360	5,2	151
D	15,0	1,43695	16,5	652	15,7	673	1,5	43	19,8	549	22,0	488	20,9	519	2,2	61	18,3	1,43596	5,2	154
E	14,9	1,43973	16,5	931	15,7	952	1,5	42	19,8	830	22,0	771	20,9	801	2,2	59	18,3	1,43877	5,2	151
b	14,9	1,44030	16,5	983	15,7	007	1,6	47	19,8	883	22,0	816	20,9	849	2,2	67	18,3	1,43928	5,2	158
F	14,9	1,44204	16,4	160	15,7	182	1,5	44	19,8	057	22,0	992	20,9	024	2,2	65	18,3	1,44103	5,2	158
$\overline{G}$	14,9	1,44427	16,4	387	15,7	407	1,5	40	19,8	276	22,0	217	20,9	247	2,2	59	18,3	1,44327	5,2	160
G	14,9	1,44610	16,4	560	15,7	585	1,5	50	19,9	462	22,0	395	20,9	429	2,1	67	18,3	1,44507	5,2	156
$\overline{H}$	14,9	1,44810	16,4	757	15,6	784	1,5	53	19,9	653	22,0	591	20,9	622	2,1	62	18,3	1,44703	5,3	162
H	14,8	1,44953	16,4	902	15,6	926	1,6	51	19,9	785	22,0	725	21,0	755	2,1	60	18,3	1,44841	5,4	171
Moyennes							1,4	42,1							2,2	63,0			5,2	158,5

1°,4 = 42,1
2,2 = 63,0
3°,6 = 105,1
1 = 29,2

XV. 85¼,98 SO_3 HO.

M.	f 34° 14′ 48″,7		f′ 34° 14′ 48″,7		F. ½ (f+f′)		I. f′ — f		g 34° 14′ 4″,9		g′ 34° 14′ 4″,9		G. ½ (g+g′)		K. g′ — g		N. ½ (F + G)		L. F. — G.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	22°,0	1,43180	24°,6	104	23°,3	142	2°,6	76	19°,6	239	23°,2	126	21°,4	183	3°,6	113	22°,3	1,43163	1°,9	41
a	21,9	1,43275	24,5	212	23,2	244	2,6	63	19,5	345	23,2	241	21,4	293	3,7	104	22,3	1,43269	1,8	49
B	22,0	1,43373	24,4	294	23,2	334	2,4	79	19,4	441	23,2	332	21,3	387	3,8	109	22,3	1,43360	1,9	53
C	22,1	1,43490	24,3	396	23,2	443	2,2	94	19,3	537	23,2	430	21,3	483	3,9	107	22,3	1,43463	1,9	40
D	22,2	1,43695	24,4	626	23,3	661	2,3	69	19,3	774	23,2	666	21,3	720	3,9	108	22,3	1,43691	2,0	59
E	22,3	1,43968	24,6	900	23,4	934	2,3	68	19,3	047	23,2	942	21,3	995	3,9	105	22,3	1,43965	2,1	61
b	22,3	1,44019	24,7	949	23,5	984	2,4	70	19,3	097	23,2	991	21,2	044	3,9	106	22,3	1,44014	2,3	60
F	22,3	1,44195	24,7	122	23,5	158	2,4	73	19,3	275	23,2	171	21,2	223	3,9	104	22,4	1,44192	2,3	65
Ḡ	22,2	1,44417	24,7	349	23,5	383	2,5	68	19,3	500	23,2	391	21,2	446	3,9	109	22,4	1,44415	2,3	63
G	22,2	1,44595	24,7	523	23,5	559	2,4	72	19,3	677	23,2	565	21,2	621	3,9	112	22,3	1,44590	2,3	62
H̄	22,4	1,44789	24,6	719	23,5	754	2,2	70	19,3	871	23,2	761	21,2	816	3,9	110	22,3	1,44785	2,3	62
H	22,5	1,44923	24,6	855	23,6	889	2,1	68	19,2	001	23,1	902	21,2	952	3,9	99	22,4	1,44921	2,4	63
Moyennes							2,4	72,5							3,8	107,2			2,1	56,5

2°,4 = 72,5
3,8 = 107,2
6°,2 = 179,7
1 = 29,0

XVI. 88%,97 SO_3, HO.

M	e 34° 15′ 27″,0		e′ 34° 15′ 27″,0		e″ 34° 14′ 34″,6		(e) ½ (e′ + e″)		E ⅓ (e+e′+e″)		I (e) — e		f 34° 14′ 54″,8		f′ 34° 15′ 2″,3		f″ 34° 15′ 11″,9		F ⅓(+f′+f″)		K f″ — f		N ½ (E + F)		L E — F.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	19°,6	1,43116	23°,6	010	25°,4	926	24°,5	968	22°,9	017	4°,9	148	15°,6	248	20°,2	114	22°,4	052	19°,4	138	6°,8	196	21°,2	1,43078	3°,5	121
a	19,5	1,43235	23,7	135	25,4	051	24,5	093	22,8	140	5,0	142	15,7	354	20,2	227	22,5	182	19,5	254	6,8	172	21,2	1,43197	3,3	114
B	19,4	1,43324	23,7	197	25,5	164	24,6	181	22,9	228	5,2	143	15,7	441	20,2	314	22,5	266	19,5	340	6,8	175	21,2	1,43284	3,4	112
C	19,4	1,43432	23,7	288	25,3	234	24,5	261	22,8	318	5,1	171	15,7	535	20,2	404	22,5	333	19,5	424	6,8	202	21,2	1,43371	3,3	106
D	19,3	1,43636	23,8	522	25,6	459	24,7	490	22,9	539	5,4	146	15,8	757	20,2	631	22,5	571	19,5	653	6,7	186	21,2	1,43596	3,4	114
E	19,3	1,43917	23,8	787	25,6	754	24,7	771	22,9	819	5,4	146	15,7	033	20,2	897	22,5	839	19,5	923	6,8	194	21,2	1,43871	3,4	104
b	19,3	1,43970	23,9	843	25,5	801	24,7	822	22,9	871	5,4	148	15,7	083	20,2	947	22,5	893	19,5	974	6,8	190	21,2	1,43923	3,4	103
F	19,3	1,44149	23,9	012	25,5	967	24,7	990	22,9	043	5,4	159	15,7	260	20,2	121	22,5	064	19,5	148	6,8	196	21,2	1,44095	3,4	105
Ḡ	19,3	1,44373	23,9	226	25,5	195	24,7	210	22,9	265	5,4	163	15,7	483	20,2	345	22,5	290	19,5	373	6,8	193	21,2	1,44319	3,4	108
G	19,2	1,44549	23,9	398	25,3	376	24,6	387	22,8	441	5,4	162	15,6	659	20,2	524	22,4	466	19,4	550	6,8	193	21,2	1,44496	3,4	109
H̄	19,2	1,44736	23,8	613	25,4	564	24,6	589	22,8	638	5,4	147	15,6	847	20,2	714	22,4	658	19,4	740	6,8	189	21,1	1,44689	3,4	102
H	19,2	1,44885	23,8	735	25,4	694	24,6	715	22,8	771	5,4	170	15,6	968	20,2	845	22,4	757	19,4	857	6,8	211	21,1	1,44813	3,4	86
Moyennes.											5,3	154,6									6,8	191,4			3,4	107,0

5°,3 = 154,6
6,8 = 191,4
12°,1 = 346,0
1 = 28,6

M.	e 34° 15′ 24″,6		e′ 34° 15′ 5″,1		E. ½ (e + e′)		I. e — e′		f 34° 14′ 50″,7		f′ 34° 14′ 50″,7		F. ½ (f + f′)		K. f′ — f		N. ½ (E + F)		L. E — F.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	25°,6	1,42714	21°,8	846	23°,7	780	3°,8	132	14°,8	005	15°,7	984	15°,3	995	0°,9	21	19°,5	1,42888	8°,4	215
a	25,8	1,42824	21,7	952	23,7	888	4,1	128	1,47	130	15,7	111	15,2	121	1,0	19	19,5	1,43005	8,5	233
B	26,0	1,42910	21,7	026	23,9	968	4,3	116	14,7	205	15,7	197	15,2	201	1,0	8	19,5	1,43084	8,7	233
C	26,1	1,42997	21,6	123	23,9	060	4,5	126	14,6	282	15,7	270	15,2	276	1,1	12	19,5	1,43168	8,7	216
D	26,1	1,43223	21,6	341	23,9	282	4,5	118	14,6	520	15,8	501	15,2	510	1,2	19	19,5	1,43396	8,7	228
E	26,1	1,43495	21,5	623	23,8	559	4,6	128	14,7	790	15,8	766	15,3	778	1,1	24	19,6	1,43669	8,5	219
b	26,1	1,43538	21,5	675	23,8	607	4,6	137	14,7	838	15,8	817	15,4	828	1,1	21	19,6	1,43717	8,4	219
F	26,1	1,43723	21,4	838	23,8	780	4,7	115	14,7	010	15,8	989	15,4	000	1,1	21	19,6	1,43890	8,4	220
Ḡ	26,2	1,43938	21,4	066	23,8	002	4,8	128	14,7	233	15,8	214	15,4	223	1,1	19	19,6	1,44112	8,4	221
G	26,2	1,44113	21,4	231	23,8	172	4,8	118	14,7	402	15,8	391	15,3	396	1,1	11	19,6	1,44284	8,5	224
H̄	26,2	1,44305	21,5	425	23,8	365	4,7	120	14,6	593	15,8	605	15,3	599	1,2	—12	19,5	1,44482	8,5	232
H	26,2	1,44454	21,5	555	23,9	505	4,7	101	14,6	725	15,8	705	15,3	715	1,2	20	19,5	1,44610	8,4	210
Moyennes							4,5	122,3							1,1	15,2			8,5	222,5

4°,5 = 122,3
1,1 = 15,2
5°,6 = 137,5
1 = 24,6

X.

XVIII[1] — 94^{x},62 SO_3 HO.

M	c 34° 16′ 41″,4		c′ 34° 16′ 41″,4		C. ½ (c+c′)		I. c′ — c		d 34° 15′ 22″,2		d′ 34° 15′ 22″,2		D. ½ (d+d′)		K. d — d′		N. ½ (C + D)		L. D — C.	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	12°,9	1,42814	15°,8	740	14°,4	777	2°,9	74	16°,9	682	18°,9	649	17°,9	666	2°,0	37	16°,1	1,42722	3°,5	111
a	12,9	1,42896	15,8	813	14,3	855	2,9	83	16,8	785	18,9	729	17,9	757	2,1	56	16,1	1,42806	3,6	98
B	12,8	1,42986	15,8	914	14,3	950	3,0	72	16,7	884	18,9	823	17,8	853	2,2	61	16,1	1,42902	3,5	97
C	12,8	1,43060	15,7	002	14,3	031	2,9	58	16,6	958	18,9	911	17,8	935	2,3	47	16,0	1,42983	3,5	96
D	12,8	1,43287	15,7	211	14,2	249	2,9	76	16,6	181	18,9	126	17,7	154	2,3	55	16,0	1,43202	3,5	95
E	12,9	1,43557	15,7	483	14,3	520	2,8	74	16,5	445	18,8	378	17,7	412	2,3	67	16,0	1,43466	3,4	108
b	13,0	1,43615	15,7	533	14,4	574	2,7	82	16,6	495	18,9	436	17,7	466	2,3	59	16,0	1,43520	3,3	108
F	13,1	1,43777	15,8	694	14,5	736	2,7	83	16,6	662	18,9	604	17,8	633	2,3	58	16,1	1,43685	3,3	103
Ḡ	12,6	1,44002	15,8	919	14,2	961	3,2	83	16,6	877	18,9	822	17,8	850	2,3	55	16,0	1,43906	3,6	111
G	12,6	1,44179	15,8	086	14,2	132	3,2	93	16,7	044	18,9	986	17,8	015	2,2	58	16,0	1,44074	3,6	117
H̄	12,5	1,44376	15,9	283	14,2	330	3,4	93	16,7	230	18,8	173	17,8	202	2,1	57	16,0	1,44266	3,6	128
H	12,5	1,44471	15,9	412	14,2	441	3,4	59	16,7	364	18,8	317	17,7	340	2,1	47	16,0	1,44381	3,5	101
Moyennes							3,0	77,5							2,2	54,7			3,5	106,3

3°,0 = 77,5
2,2 = 54,7
5°,2 = 132,2
1 = 25,4

XVIII² — 94^{K},82 SO_3 HO.

M	*e* 34° 14′ 55″,4		*e′* 34° 14′ 55″,4		E ½ (*e*+*e′*)		I *e′* — *e*		*f* 34° 15′ 1″,1		*f′* 34° 15′ 1″,1		F ½ (*f*+*f′*)		K *f′* — *f*		N ½ (*E*+*F*)		L *E* — *F*	
	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R	T	R
A	20°,6	1,42660	24°,4	555	22°,5	608	3°,8	105	17°,0	726	20°,1	642	18°,5	684	3°,1	84	20°,5	1,42646	4°,0	76
a	20,6	1,42770	24,4	650	22,5	710	3,8	120	17,0	839	20,0	767	18,5	803	3,0	72	20,5	1,42756	4,0	93
B	20,5	1,42836	24,4	736	22,5	786	3,9	100	17,0	922	20,0	844	18,5	883	3,0	78	20,5	1,42834	4,0	97
C	20,5	1,42907	24,4	813	22,4	860	3,9	94	17,0	000	19,9	914	18,5	957	2,9	86	20,5	1,42908	3,9	97
D	20,5	1,43153	24,4	030	22,4	092	3,9	123	17,0	203	19,9	130	18,5	167	2,9	73	20,4	1,43130	3,9	75
E	20,5	1,43416	24,4	293	22,4	355	3,9	123	17,1	480	19,9	414	18,5	447	2,8	66	20,4	1,43401	3,9	92
b	20,5	1,43469	24,4	342	22,5	406	3,9	127	17,1	534	19,8	458	18,5	496	2,7	76	20,5	1,43451	4,0	90
F	20,5	1,43639	24,4	508	22,5	573	3,9	131	17,2	692	19,8	613	18,5	652	2,6	79	20,5	1,43613	4,0	79
$\bar{G}$	20,5	1,43849	24,5	728	22,5	788	4,0	121	17,2	912	19,8	849	18,5	880	2,6	63	20,5	1,43834	4,0	92
G	20,4	1,44020	24,5	896	22,5	958	4,1	124	17,3	087	19,8	010	18,5	049	2,5	77	20,5	1.44004	4,0	91
$\bar{H}$	20,4	1,44205	24,5	077	22,5	141	4,1	128	17,4	278	19,8	214	18,6	246	2,4	64	20,5	1,44194	3,9	105
H	20,4	1,44324	24,5	208	22,4	266	4,1	116	17,4	395	19,8	330	18,6	363	2,4	65	20,5	1,44315	3,8	97
Moyennes							3,9	117,7							2,7	73,6			3,9	90,3

$$3°,9 = 117,6$$
$$2,7 = 73,6$$
$$6°,6 = 191,3$$
$$1 = 29,0$$

Z.

XVIII. 94%,72 SO_3 HO.

	XVIII^{I}. T. 16°,1.	XVIII^{II}. T. 20°,5.	XVIII^{III}. T. 18°,3.
A	1,42722	646	1,42684
a	1,42806	756	1,42781
B	1,42902	834	1,42868
C	1,42980	908	1,42944
D	1,43199	127	1,43163
E	1,43463	398	1,43431
b	1,43517	451	1,43484
F	1,43685	613	1,43649
$\bar{G}$	1,43903	834	1,43869
G	1,44071	004	1,44037
$\bar{H}$	1,44263	194	1,44229
H	1,44378	315	1,44347
P	5°,2 = 132,2	6°,6=191,3	
Q	3°,5 = 106,3	3°,9= 90,3	
	Somme P = 11°,8 = 323,5.		
	Somme Q = 7°,4 = 196,6.		
X			27,4
X′			26,6

		λ	n	Pos. A.	Pos. B.	Pos. C.	Pos. D.	Pos. E.	Pos. F.	Pos. G.
A	1α	7633,5	1,524	− 186″,3	+ 255″,6	− 246″,8	+ 188″,7	+ 36″,1	− 44′,1	+ 43″,4
a	3α	7189,7	1,525	186,6	256,1	247,2	189,0	36,1	44,1	43,5
B	4α	6874,8	1,526	187,0	256,6	247,7	189,4	36,2	44,2	43,5
C	5	6565,6	1,527	187,3	257,0	248,1	189,7	36,3	44,3	43,6
$\underline{C}$	7	6497,7	1,527	187,5	257,3	248,4	189,9	36,3	44,3	43,6
$\bar{D}$	11	6139,6	1,529	188,0	258,0	248,1	190,4	36,4	44,5	43,8
D	$\frac{1}{2}(14^{\alpha}+14^{\gamma})$	5895,6	1,530	188,3	258,3	249,4	190,6	36,5	44,6	43,8
E	22β	5270,4	1,533	189,3	259,6	250,7	191,6	36,7	44,8	44,0
b	$\frac{1}{2}(26+27\beta)$	5172,9	1,534	189,6	260,1	251,1	191,9	36,8	44,9	44,1
F	34	4863,9	1,536	190,2	261,0	252,0	192,6	36,9	45,0	44,3
$\bar{G}$	36β	4533,9	1,539	191,2	262,3	253,2	193,6	37,0	45,3	44,6
G	40	4311,2	1,542	192,2	263,7	254,5	194,6	37,2	45,5	44,8
$\bar{H}$	46	4103,8	1,544	192,9	264,6	255,3	195,2	37,4	45,6	44,9
H	51$^{\alpha}$	3971,3	1,546	193,5	265,5	256,1	195,9	37,5	45,8	45,1

A.A.

Valeurs des coëfficients.

		A	B	C	A'
I	0	1,323142	350122	488133	1,323494
II	0%,10	1,323666	347676	457342	1,323600
III	0%,15	1,323476	356030	554637	1,323467
IV	4%,46	1,328980	377286	706625	1,328210
V	15%,82	1,341627	386770	711822	1,341552
VI	19%,00	1,344872	406615	933158	1,345258
VII	23%,29	1,350940	407[illegible]24	888071	1,350868
VIII	30%,10	1,360775	432409	1084919	1,358401
IX	38%,78	1,368394	444567	1184329	1,368890
X	47%,22	1,380046	457444	1230166	1,378973
XI	56%,25	1,389250	472333	1346724	1,390450
XII	63%,69	1,401026	491793	1516075	1,400388
XIII	71%,97	1,411199	497121	1520246	1,411431
XIV	81%,41	1,422502	508094	1603895	1,422502
XV	85%,98	1,423670	499582	1558797	1,424830
XVI	88%,97	1,423141	483500	1428873	1,423970
XVII	91%,43	1,421412	469774	1283088	1,421953
XVIII	94%,72	1,419576	450400	1161203	1,419576

$$n = A + \frac{B}{\lambda^2} - \frac{C \times (10)^6}{\lambda^4}$$

Gl

W.

C-O

+1

1

1

lt

GÉNÉRALE.

W. C-O.	X. 47 %,22 T. 14°,1	W. C-O.	XVI. 88 %,97 T. 21°,2	W. C-O.	XVII. 91 %,43 T. 19°,5	W. C-O.	XVIII. 94 %,72 T. 18°,3	W. C-O.
+14	1,38733	+15	1,43078	+24	1,42888	+22	1,42684	+12
6	1,38834	6	1,43197	− 1	1,43005	− 3	1,42781	4
− 6	1,38926	− 6	1,43284	11	1,43084	4	1,42868	− 9
10	1,39013	21	1,43371	12	1,43168	6	1,42944	4
14	1,39234	14	1,43596	9	1,43396	9	1,43163	6
4	1,39496	1	1,43871	1	1,43671	5	1,43431	2
3	1,39547	+ 2	1,43923	2	1,43719	9	1,43484	5
+ 5	1,39715	+ 3	1,44095	+ 7	1,43892	+ 6	1,43649	+ 5
16	1,39927	10	1,44319	9	1,44114	9	1,43869	5

NOTE SUR UN CAS D'EXPLOSION

PAR LE

GAZ D'ÉCLAIRAGE;

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Dans la soirée du 7 Avril dernier, une fabrique de soie établie à Harlem fut le théatre d'une formidable explosion, due au gaz d'éclairage, et qui, non-seulement détruisit en grande partie les bâtiments de l'usine, mais aussi occasionna des dégâts plus ou moins graves aux maisons situées à une certaine distance. Au sujet de cette catastrophe j'ai reçu du directeur de la fabrique une lettre qui renferme plusieurs détails intéressants. M. TER MEER était sur les lieux au moment où la détonation se produisit, et, s'il eut le bonheur de garder la vie sauve, il reçut pourtant des atteintes assez sérieuses. Les observations qui l'ont frappé ne sont pas de celles qu'on a l'occasion ou le désir de répéter fréquemment; elles peuvent inspirer confiance, car celui qui les a faites est un homme d'intelligence et d'instruction; enfin, au point de vue des phénomènes physiques, elles ne laissent pas que d'avoir une certaine importance. Ces divers motifs m'engagent à en faire part ici, en les accompagnant de quelques réflexions qu'elles m'ont suggérées.

Voici d'abord la lettre de M. TER MEER:

Harlem, 1 Juin 1867.

Monsieur!

A l'égard des effets produits par l'explosion de gaz du 7 Avril dernier, et des observations que je pus faire au moment même d'un évènement si soudain et si imprévu, et dans une position si critique, voici les renseignements que je suis en état de vous communiquer.

Le local où le mélange détonant s'était formé, et où l'explosion eut lieu, était une chambre occupant l'angle sud-ouest du premier des deux étages dont se composait la fabrique. Cette chambre avait au sud une grande fenêtre tournée vers le canal; à l'ouest deux fenêtres ayant vue sur une pelouse; au nord une porte donnant sur un corridor, et à l'est une porte vitrée correspondant aux parties intérieures de la fabrique.

Arrivant de ce dernier côté, et portant une petite lampe à la main droite, j'ouvris de la main gauche la porte vitrée dont je viens d'indiquer la place, et qui s'ouvrait en dedans, c'est-à-dire vers l'ouest.

Lorsque j'eus poussé la porte d'environ $1\frac{1}{2}$ à 2 pieds, j'entendis une espèce de sifflement, fus jeté par terre en avant — par conséquent à travers l'ouverture de la porte, *dans* le local où l'explosion se faisait — sentis que je tombais avec la main droite dans des éclats de verre, me relevai immédiatement, et vis, au premier coup d'œil, la chambre et même l'étage supérieur en flammes de tous les côtés.

Les impressions qui m'assaillirent dans ce court intervalle furent, la conviction qu'une explosion de gaz avait eu lieu, et la pensée que je n'avais reçu que des lésions insignifiantes et qu'ainsi j'étais échappé heureusement d'un grand danger (plus tard seulement je reconnus que j'avais des brûlures assez profondes aux mains, et d'autres plus légères au visage). Je n'ai aucun souvenir, ni d'avoir vu la lumière de l'explosion, ni d'avoir entendu la détonation, bien que l'une et l'autre aient été perçues, affirme-t-on, jusqu'à 2 et 3 lieues de distance.

Le mur occidental, qui était un mur extérieur et par conséquent plus épais, a été renversé en dehors; au contraire le mur opposé, mur de refend et par suite mince, n'a reçu que quelques lézardes, et la porte, que je n'avais encore ouverte qu'à demi, n'a pas été repoussée en dehors ou refermée (car, dans ce cas, la porte ou du moins ses vitres seraient venues se heurter contre mon corps), mais a été chassée vers l'intérieur. Moi-même, je ne suis pas tombé à la renverse, mais en avant. La pression due à la dilatation qui accompagnait l'explosion, a donc agi sur le mur occidental, mais ni sur le mur oriental, ni sur mon corps. A en juger d'après les débris de verre, la pression a aussi fait sentir son action derrière moi, dans la partie intérieure de la fabrique, et y a fait voler les vitres en dehors. L'air qui se trouvait derrière moi aurait-il fait l'effet, en quelque sorte, d'un coussin élastique?

Je ne puis admettre que je me sois trouvé pour un instant, si court soit-il, sans connaissance; la détonation a dû se produire pendant ma chute; à ce moment j'ai bien entendu tomber des pierres, mais je n'ai rien perçu de la détonation, qui pourtant a été très forte.

Il me serait agréable d'apprendre de vous à quelle cause on peut attribuer les effets différents éprouvés par les murs, et la circonstance que je n'ai rien entendu de la détonation.

Veuillez agréer, Monsieur, l'assurance de ma considération distinguée,

A. F. W. TER MEER.

M. TER MEER a fait des remarques très judicieuses sur l'opposition des effets que la commotion a exercés, d'un côté sur les murs du bâtiment, renversés de dedans en dehors, de l'autre sur les parties les plus mobiles du bureau, chassées de l'extérieur vers l'intérieur.

La combustion d'un mélange d'air atmosphérique et d'hydrogène carboné s'accompagne de deux phénomènes dont l'influence sur le volume gazeux est inverse: il y a formation de vapeur d'eau et, par suite de la condensation de cette vapeur, contraction du volume; d'autre part, il y a dégagement de chaleur et, comme résultat de ce dégagement, dilatation du volume.

Pour expliquer les effets observés, il faut admettre que ces deux phénomènes ne se manifestent pas au même instant.

La porte du bureau où l'explosion s'est produite a d'abord cédé sous l'effort de la contraction et a été rejetée en dedans.

La dilatation est venue ensuite, et les murs qui, tout en restant debout pendant la condensation ou formation d'eau, étaient devenus chancelants ou du moins avaient été affaiblis par ce premier ébranlement, ont succombé à la nouvelle impulsion et se sont écroulés vers l'extérieur, sauf le mur de refend, qui à cause de la porte déjà chassée vers l'intérieur et par suite ouverte, était pressé également des deux côtés au moment de cette dilatation.

D'après l'ensemble des phénomènes je suis donc porté à croire que réellement la contraction et l'expansion ne s'opèrent pas simultanément mais successivement, quelque court que soit d'ailleurs l'intervalle de temps qui les sépare.

M. TER MEER n'a pas entendu la détonation. Placé au point d'origine de l'ébranlement atmosphérique qui devait encore produire le son, c'est-à-dire créer les vibrations, il ne pouvait guère percevoir celles-ci. D'un autre côté, les vibrations de retour dont, théoriquement, on admet l'existence dans la propagation de tout mouvement vibratoire ou ondulatoire, paraissent avoir eu si peu d'intensité, ou avoir été tellement détruites par interférence, qu'elles ne firent aucune impression sur son oreille. D'ailleurs, dans le chaos de mouvement dont il occupait le centre,

comment une suite régulière de vibrations aurait-elle pu s'établir ou se propager?

M. TER MEER n'a pas vu de lumière. Il est probable que la quantité de gaz d'éclairage répandue dans la chambre se trouvait en présence d'un si grand excès d'air atmosphérique, que non-seulement tout l'hydrogène, mais aussi tout le carbone a été brûlé et changé en oxyde ou en acide, de sorte qu'il n'est pas resté de particules solides incandescentes pour donner de l'éclat à la lumière, et que celle-ci n'a consisté tout au plus qu'en une lueur bleuâtre. En outre, enveloppé de toutes parts par cette lumière, l'œil de M. TER MEER n'a pu probablement en être affecté que d'une manière imperceptible.

M. TER MEER a entendu une espèce de sifflement. Ce bruit peut avoir été l'effet des myriades de petites explosions qui s'opéraient dans l'atmosphère tout autour de lui; ou bien il a pu provenir simplement de l'air qui affluait et pénétrait de tous les côtés dans la chambre.

DEUXIÈME SUPPLÉMENT

AU

CATALOGUE

DE LA

BIBLIOTHÈQUE;

suivi de trois notes bibliographiques,

PAR

D. LUBACH,
Bibliothécaire.

— - —

PARS PRIMA.

ANATOMIA, PHYSIOLOGIA, ETC. Pag. 1 du Catalogue, pag. 37 des Archives.

178a. LIONEL S. BEALE, Die Structur der einfachen Gewebe des menschlichen Körpers. Uebers. von J. Victor Carus. Leipz. 1862. 8°.

186. R. OWEN, On the Anatomy of Vertebrates. London 1866. 2 vol. 8°.

PARS SECUNDA.

LIBRI DE HISTORIA NATURALI.

Sectio I.

Libri de hist. nat. universa etc. Pag. 15 et 16.

---

42. W. SCHULTZ, Studien über agrarische und physikalische Verhältnisse in Süd-Brasilien. Leipz. 1865. 8°. mit Atlas.
43. E. HAECKEL, Generelle Morphologie der Organismen. Berlin 1866. 2 Bde. 8°.
44. Mikroskopische Mittheilungen (Neujahrsblatt von der Burgerbibliothek in Winterthur, 1864 und 1865). Zürich. 4°.

Sectio II.

LIBRI ZOOLOGICI.

A. Libri de zoologia universa. Pag. 18 et 39.

52*aa*. E. HEEGER, Album mikroskopisch-photographischer Darstellungen aus dem Gebiete der Zoologie. Wien. 1861—1864. 8°.

58. A. DE LA FONTAINE, Faune du pays de Luxembourg. Luxemb. 1865. 8°.

59. C. G. CARUS, Vergleichende Physiologie. Wien. 1866. 8°.

B. Animalia vertebrata.

1. HOMO. Pag. 21 et 40.

3*a*. M. J. WEBER, Die Lehre von den Ur- und Raçenformen der Schädel und Becken der Menschen. Düsseld. 1830. 4°.

26*a*. VON CZOERNIG, Ethnographie der Oesterreichischen Monarchie. Wien. 1857. 3 Bde. 4°.

36*a*. J. W. NAHLOWSKY, Das Gefühlsleben. Leipz. 1862. 8°.

43*a*. G. C. FRIEDRICH LISCH, Pfahlbauten in Mecklenburg-Schwerin. 1865. 8°.

47. W. DE FONVIELLE, L'homme fossile. Paris 1865. 8°.

48 E. DESOR, Les Palafittes ou constructions lacustres du lac de Neuchâtel. Paris. 1865 8°.

49. J. LUBBOCK, Pre-historic times as illustrated by ancient remains. London and Edinb. 1865. 8°.

50. E. BURNET TYLOR, Researches into the early history of Mankind and the developpement of Civilisation. London 1865. 8°.

51. K. SCHMIDT, Die Anthropologie. Dresden 1865. 2 Th. 8°.

52. S. LAING, Pre-historic Remains of Caithness, with notes by Th. H. Huxley. Edinb. 1866. 8°.

53. A. de Quatrefages, Les Polynésiens et leurs migrations. Paris. 4°.
54. A. Brouillet et A. Meillet, Epoques antédiluvienne et celtique du Poitou. Paris, Poitiers etc. 8°.
55. H. Lehon, L'homme fossile en Europe, son industrie, ses moeurs, ses oeuvres d'art. Brux. Paris 1867. 8°.
56. C. Vogt, Mémoire sur les Microcéphales ou Hommes-singes. Genève 1867. 4°.

---

3. AVES, Pag. 36 et 41.

69. C J. Sundevall, Conspectus avium Picinarum. Stockh. 1866. 8°.
70. J. E. Harting, The Birds of Middlesex. Lond. 1866. 8°.
71. C. D. Degland et Z. Gerbe, Ornithologie Européenne. Paris 1867. 2 vol. 8°.
72. O. Salvin et Ph. Ludley Sclater, Exotic Ornithology. Lond. 1866. 4°.
73. D. G. Elliot, The Birds of North America. New York 1866. fol.
74. O. Finsch, Die Papageien, monographisch bearbeitet. Leiden 1867. 8°.

---

4. REPTILIA, Pag. 30 et 42.

29. H. Rathke, Untersuchungen über die Entwickelung und den Körperbau der Krokodile. Herausgegeben von W. von Wittich. Braunschw. 1866. 4°.

---

5. PISCES, Pag. 32 et 42.

30a. P. Bleeker, Labroideorum Ctenoideorum Bataviensium diagnoses et adumbrationes. Batav. 1846 8°.
34a. A. Duméril, Historie naturelle des poissons ou Ichthyologie générale. Paris 1865. 8°. 2 vol. (Suites à Buffon.)
36. E. Blanchard, Les poissons des eaux douces de la France. 1866. 8°.

C. Animalia articulata.

1. CRUSTACEA, Pag. 34 et 42.

15. C. CLAUS, Die Copepoden-Fauna von Nizza. Marb. u. Leipz. 1866. 4°.

2. ARACHNOIDEA, Pag. 35 et 42.

61. E. F. STAVELEY, British Spiders. London 1866. 8°.

3. INSECTA, Pag. 36 et 43.

56*a*. H. GORY, Monographie du genre Sisyphe. Paris 1833.
66*a*. PH. POEY, Centurie de Lépidoptères de l'île de Cuba. Paris 1832. 8°. (2 décades).
89*a*. H. W. BATES, Contributions to an Insect-Fauna of the Amazon Valley. London 1861. 8°.
90*a* H. DE SAUSSURE et J. SICHEL, Catalogus specierum generis Scolia. Genev. et Paris. 8°.
95. T. VERNON WOLLASTON, Coleoptera Atlantidum. London 1865. 8°.
96. A. EDOUARD PICTET, Synopsis des Névroptères d'Espagne. Genèv. et Paris 1865. 8°.
97. J. A. BOISDUVAL, Essai sur l'entomologie horticole. Paris 1867. 8°.

4. ANNULATA, Pag. 41 et 43.

8. A. DE QUATREFAGES, Histoire naturelle des annelés marins et d'eau douce. Annélides et Géphyriens. Paris 1865. 2 vol. et atlas. 8°. (Suites à Buffon.)

9. P. J. van Beneden et C. A. Hesse, Recherches sur les Bdellodes (Hirudinées) et les Trématodes marins. (Extr. de l'Acad. roy. de la Belgique).

---

5. ENTOZOA, Pag. 42 et 43.

---

18. A. Schneider, Monographie der Nematoden. Berlin 1866. 4°.
19. H. Krabbe, Recherches helminthologiques en Danemarck et en Islande. Paris, Copenh. et Lond. 1866. 4°.
20. D' Udekem, Mémoire sur les Lombricins. (Extr. de l'Acad. roy. de la Belgique). 1863. 4°.

D. Mollusca, Pag. 43 et 44.

46*a*. J. R. Roth, Spicilegium molluscorum terris orientalis provinciae mediterranensis peculiarium. Cassellis 1855. 8°.
48*a*. J. van der Hoeven, Bijdragen tot de ontleedkundige kennis aangaande *Nautilus pompilius*. Amst. 1856. 4°.
49*a*. A. Schmidt, Die kritischen Gruppen der Europäischen Clausilien. Leipz. 1857. 8°.
56. A. Issel, Dei Molluschi raccolti della missione Italiana in Persia. Torino, 1865. 4°.

E. Radiata, Pag. 46 et 44.

---

30. O. Schmidt, Zweiter Supplement u. s. w. (V. 26 et 28).

Sectio III.

LIBRI BOTANICI.

A. Libri de phytographia generali, etc. Pag. 47 et 44.

47*a*. H. R. Göppert, Ueber die Wärme-Entwickelung in den Pflanzen, deren Gefrieren u. s. w. Breslau 1830. 8°.

63*a*. F. Unger, Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien. 1866. 8°.

90*a*. G. W. Julius Rossmann, Beiträge zur kenntniss der Phyllomorphose. Giessen 1857. 8°.

101. P. O. Réveil, Recherches de physiologie végétale de l'action des poisons sur les plantes. Paris 1865. 8°.

102. E. Krause, Die botanische Systematik in ihrem Verhältniss zur Morphologie. Weimar 1866. 8°.

103. S. Lantzius Beninga, Die unterscheidenden Merkmale der Deutsche Pflanzen-Familien und Geschlechter. Gött 1866. 8°.

104. H. Karsten, Botanische Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium der Landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin. Berlin 1865 u. s. w. 8°.

105. Ch. Fermond, Phytogénie ou théorie mécanique de la végétation. Paris, Lond. et N. York 1867. 8°.

106. B. Langkavel, Botanik der späteren Griechen vom dritten bis dreizehnten Jahrhunderte. Berlin 1866. 8°.

B. Plantae phanerogamicae, Pag. 53 et 45.

78*a*. J. W. Hornemann, Over de Flora Danica, overgezet door G. Ph. F. Groshans. Leid. 1838. 8°.

338*a*. S. Endlicher, Genera plantarum secundum ordines naturales disposita. Vindob. 1836—1840.

Acc. Supplementum primum ad quintum. 1842—1850.

349*a*. E. Boissier, Icones Euphorbiarum. Gen. 1866. 4°.

351a. J. BATEMAN, A. Monograph of Odontoglossum. Lond. fol.
353aa. J. D. HOOKER, Flora Tasmaniae Lond. 1860. 2 vol. 4°. (voyage of the Erebus and Terror).
353b. J. D. HOOKER, Handbook of the New Zealand Flora. London 1864—1867. 8°.
379a. J. K. HASSKARL, Neuer Schlüssel zu Rumph's Herbarium Amboinense. Halle 1866. 4°.
381a. M. WILLKOMM, Deutschland's Läubhölzer im Winter. Dresden 1864. 4°.
399a. F. CRÉPIN, La Flore Belge étudiée par fragments, ou notes sur les plantes rares et critiques de la Belgique. Brux. 1859—1865. 8°.
407a. A H. R. GRISEBACH, Flora of the British West-Indian Islands. London 1864. 8°.
417. F. CRÉPIN, Manuel de la Flore de Belgique. Brux. 1866. 8°.
418. F. WIMMER, Salices Europeae. Vratisl. 1866. 8°.
419. P. J. F. SCHUR, Enumeratio plantarum Transsilvaniae. Vindob. 1866. 8°.
420. H. WAWRA, Botanische Ergebnisse der Reise S. M. des Kaisers von Mexico Maximilian I nach Brasilien (1859—1860). Wien. 1866.
421. A. H. R. GRISEBACH, Catalogus plantarum Cubensium. Lips. 1866. 8°.
422. H. DROUET, Catalogue de la Flore des îles Açores. Paris 1866. 8°.
423. A. MIGOUT, Flore du département de l'Allier. Moulins 1866 8°.
424. G. SCHWEINFURTH, Beitrag zur Flora Aethiopiens. Berlin 1867. 4°.

C. Plantae cryptogamicae, Pag. 73 et 46.

114a. E. J. LOWE, Ferns, British and Exotic. Lond. 1865. 8°.
116. E. BOUDIER, Des champignons au point de vue de leurs caractères usuels, chimiques et toxicologiques. Paris 1866. 8°.
117. E. HALLIER, Die pflanzliche Parasiten des menschlichen Körpers. Leipz. 1866. 8°.
118. J. J. KICKX, Flore cryptogamique des Flandres. Gand et Paris. 1867.
119. P. REINSCH, Die Algenflora des mittleren Theiles von Franken. Nürnb. 1867. 8°.
120. TH. NITSCHKE, Pyrenomycetes Germanici. Die Kernpilze Deutschlands. Breslau 1867. 8°.

Sectio IV.

LIBRI MINERALOGICI, GEOLOGICI, PALAEONTOLOGICI.

A. Libri mineralogici, Pag. 79 et 46.

---

47. A. Bravais, Etudes cristallographiques. Paris 1866. 4°.
48. Viktor von Lang, Lehrbuch der Krystallographie Wien. 1866. 8°.
49. C. F. Zincken, Die Physiographie der Braunkohle. Hannover 1867. 8°.

B. Libri geologici, Pag. 82 et 47.

---

148. L. Agassiz, Geological Sketches. London 1866. 8°.
149. Jahrbucher des Schweizer Alpenclubs. Bern. 1864. 8°.
150. E. von Mojsisovics, Jahrbuch des Oesterreichischen Alpen-Vereines. Wien. 1865. 8°.
151. F. Mohr, Geschichte der Erde. Eine Geologie auf neuen Grundlage. Bonn. 1866. 8°.
152. Th. Kjerulf et Telleff Dahl, Carte géologique de la Norvège méridionale. Christ. 1866. fol.
153. B. von Cotta, Die Geologie der Gegenwart. Leipz. 1866. 8°.
154. S. A. Sexe, Maerker efter en Iistid (Traçes d'une époque glaciaire). Christ. 1866. 4°.
155. C. Ribeiro, Estudos geologicos. Descripçao do solo quaternario das bacias hydrographicas do Tejo etc. Lisboa 1866.

C. Libri palaeontologici, Pag. 92 et 48.

160*b*. G. B. Brocchi, Conchiologia fossile subapennina. Milano 1855. 2 vol. 8 et atlas in 4°.

165*a*. P. J. Pictet et Alois Humbert, Nouvelles recherches sur les poissons fossiles du mont Liban. Gen. et Paris 1866. 4°.

168a. C. E. VON MERCKLIN, Palaeodendrologicum rossicum. St. Petersb. 1855. 4°. Atlas fol.

179a. P. GERVAIS, Zoologie et Paléontologie générales. Paris 4°.

187a. A. GAUDRY, Animaux fossiles et géologie de l'Attique. Paris 1862. 4°.

193b. ALPH. MILNE EDWARDS, Histoire des Crustacés podophtalmaires fossiles. Paris 1861—1865. 4°.

193c E. LARTET and H. CHRISTY, Reliquiae Aquitanicae; being contributions te the Archaeology and Palaeontology of Périgord, etc. London 1865. 4°.

205. C. MONTAGNE, Intorno all esistenza di resti organizzati nelle rocce dette azoiche ed alla doppia origine del granito. Torino e Firenze. 1866. 8°.

206. H. COQUAND, Monographie paléontologique de l'étage aptien de l'Espagne. Marseille 1866. 8°. et atlas 8°.

207. E. DUPONT, Etude sur le terrain quaternaire des vallées de la Meuse et de la Lesse etc. (Extraits).

208. PEREIRA DA COSTA, Molluscos fossiles gasteropodes dos depositos terciarios de Portugal. Lisboa 1866. 8°.

209. ALPH. MILUE EDWARDS, Recherches anatomiques et paléontologiques pour servir à l'histoire des oiseaux fossiles de la France. Paris 1867. 4°.

PARS TERTIA.

LIBRI GEOGRAPHICI ET ITINERARIA.

Sectio I.

Libri geographici etc. Pag. 102 et 50.

---

80. Geographisches Jahrbuch, herausgegeben von E. Behm. Gotha 1866. 8°.
81. Ch. Martins, Du Spitzberg au Sahara; étapes d'un naturaliste. Paris 1866. 8°.

Sectio II.

ITINERARIA.

A. Itinera in regiones europaeas, Pag. 107 et 50.

---

44. H. A. Pagenstecher, Die Insel Mallorka. Leipz. 1867. 8°.

B. Itinera in regiones Asiaticas, Pag. 110 et 51.

46*a*. P. de Tchihatcheff, Asie Mineure, description physique, statistique et archéologique de cette contrée. Paris 1853—1866. 5 part. 6 vol. 8°.

52*a*. C. W. M. van de Velde, Reis door Syrie en Palestina in 1851 en 1852. Utrecht 1854. 8°.

74. C. B. H. von Rosenberg, Reistogten in de afdeeling Gorontalo. Amst. 1865. 8°.
75. A. Bastian, Die Voelker des Ostlichen Asien. Studien und Reisen. Leipz. 1866. 2 Bde. 8°.
76. E. Renan, Mission de Phénicie. Paris 1866. 4°. et atlas in fol.
77. W. G. Palgrave, Une année de voyage dans l'Arabie centrale. Paris 1866. 2 vol. 8°.
78. H. Bohan, Voyage aux Indes Orientales Paris 1866. 8°.

C. Intinera in regiones Africae, Pag. 112 et 51.

---

59. W. von Harnier's, Reise am Obern Nil. Darmstadt und Leipzig 1866. 4°.
60. J. Keast Lord, The Naturalist in Vancouver Island and British Columbia. Lond. 1866. 2 vol. 8°.
61. S. White Baker, The Albert N'yanza, great basin of the Nile and explorations of the Nile sources. Lond. 1866. 2 vol. 8°.
62. Stacquez, L'Egypte, la Basse Nubie et le Sinai. Liège 1865. 8°.
63. E. Godard, Egypte et Palestine. Paris 1867. 8°. avec Atlas in 4°.

D. Itinera in American.

2. IN AMERICAM BOREALEM ET CENTRALEM, Pag. 119 et 52.

---

21. Milton et Cheadle, Voyage de l'Atlantique au Pacifique à travers le Canada, les Montagues rocheuses et la Colombie Auglaise. Paris 1866. 8°.
22. W. Hepworth Dixon, New America. London 1867. 2 vol. 8°.

---

3. IN AMERICAM MERIDIONALEM, Pag. 121 et 52.

10a. A. von Humboldt, Essai politique sur l'île de Cuba. Paris 1826. 2 vol. 8°.

PARS QUARTA.

ACTA ACADEMIARUM ET DIARIA.

Sectio I.

ACTA ACADEMIARUM.

A. Galliae, Pag. 127 et 54.

---

32. Mémoires d'histoire naturelle (Publication de la Sociéte Eduenne). Autun 1865 etc. 8°.

B. Angliae etc., Pag. 130 et 54.

---

37. The Proceedings of the Zoological Society of London.
38. Journal of the Linnean Society.

C. Germaniae, Pag. 133 et 54.

---

51. Berichte über die Verhandlungen der natur-forschenden Gesellschaft zu Freiburg. Freiburg 1858 etc. 8°.

E. Scandinaviae, Pag. 137.

6*a*. Kongl. Vetenskaps Academiens neje Handlingar. Stockholm 1780 etc.

F. Italiae, Pag. 138.

---

10. Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino, pubblicati dagli Accademici Segretari delle due Classi. Torino 1866. 8°.

H. Belgii et Neerlandiae, Pag 140.

---

46. Bulletins de la société royale de botanique de Belgique. Brux. 1862. 8°.
47. Tijdschrift uitgegeven door de Nederlandsche Maatschappij ter bevordering van Nijverheid. Haarlem 1867.

Sectio II.

DIARIA, Pag. 143 et 54.

82*a*. Quarterly Journal of the Microscopical Science, edited by Edwin Lankaster and George Busk. Lond. 1853 etc. 8°.

86*a*. The American Journal of Science and Arts. 2d. Series. New-Haven 1846 etc. 8°.

85*a*. Natuurkundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indien. Batavia 1851 etc. 8°.

85*b*. Tijdschrift voor Indische Taal-, Land- en Volkenkunde. Batavia 1853 etc. 8°.

87*a*. Tuinbouw- Flora van Nederland en zijne Oost-Indische bezittingen, door W. H. de Vriese. Leiden 1855 etc. 8°.

87*c*. Tijdschrift voor Entomologie, uitgegeven door de Nederl. Entomol. Vereeniging. 's Gravenh. 1858 etc. 8°.

88. Botanische Zeitung, herausgegeben von Hugo Mohl und D. F. L. Schlechtendal. Berlin 1843 etc. 4°.

91. The Journal of Botany, British and Foreign. Edited by Berthold Seemann. London 1863 etc. 8°.

92. Jahrbucher der wissenschaftlichen Botanik. Herausgegeben von Dr. N. Pringsheim. Berlin 1858 etc. 8°.

93. Revue des Cours scientifiques de la France et de l'étranger. Paris 1863 etc. 4°.

94. The Geological Magazine, edited by F. Rupert Jones assisted by Henry Woodward. London, Leips., Par. 1864 etc. 8°.

95. Astronomische Nachrichten, herausgegeben von H. C. Schumacher. Altona 1823. 4°.

96. Journal des Mathématiques pures et appliquées, publié par J. Liouville. Paris 1836 etc. 4°.

97. Annales de Mathématiques pures et appliquées. Receuil périodique par J. D. Gergonne et J. E. Thomas Lavernède. Paris 1801 etc. 4°.

98. A. Ecker und L. Lindenschmit, Archiv für Anthropologie. Braunschw. 1866 etc. 4°.

99. M. Schultze, Archiv für Mikroskopische Anatomie. Bonn. 1866 etc. 8°.

100. The Natural History Review. Quarterly Journal of Biological Science. Lond. and Edinb. 1861—1865. 8°.

101. Annuaire des Sociétés savantes de la France et de l'étranger, par le comte A. d' Héricourt. Paris 1863 etc. 8°.

102. L'Analyse. Compte rendu mensuel des institutions scientifiques, litéraires, artistiques, agricoles et industrielles de la France et de l'étranger, par le comte A. d' Héricourt. Paris 1866 etc. 8°.

103. Zeitschrift der Oesterreichischen Gesellschaft für Meteorologie Redigirt von C. Jelinet und J. Hann. Wien 1866. 8°.

PARS QUINTA.

MISCELLANEA.

Pag. 149 et 55.

2*a*. J. A. Schultz, Grundriss einer Geschichte und Literatur der Botanik. Wien 1817. 8°.

7*a*. J. Victor Carus, Jahresbericht über die im Gebiete der Zootomie erschienenen Arbeiten. Leipz. 1856. 8°.

10. C. F. Ph. von Martius, Akademische Denkreden. Leipz. 1866. 8°.

11. J. Petzholdt, Bibliotheca Bibliographica, Leipz. 1866. 8°.

12. A. Quetelet, Sciences mathématiques et physiques chez les Belges au commencement du 19e Siècle. Brux. 1866. 8°.

Pag. 150 et 55.

22*a*. D' Espiard de Colonge, La chûte du ciel. Paris 1865. 8°.

29. C. G. J. Jacobi, Vorlesungen über Dynamik, herausgegeben von A. Clebsch. Berlin 1866. 4°.

30. C. Broeckx, La chirurgie de maître Jehan Yperman, chirurgien Belge (XIIIe et XIVe Siècles). Anvers 1866. 8°.

31. C. A. Holmboe, Ezechiels Syner og Chaldaeernes Astrolab. Christiania 1866. 4°.

32. Comparisons of the standards of length of England, France, Belgium etc., by Capt. A. R. Clarke. London 1866. 4°.

33. Tychonis Brahe Dani Observationes septem Cometarum. Nunc primum edidit T. R. Friis. Havniae 1867. 4°.

Pag. 152 et 55.

12*a*. C. R. Lepsius, Denkmaeler aus Aegypten und Aethiopien. Berlin (1860 u. ff.) 12 Bde. fol.

13*a*. Prisse d'Avennes, Histoire de l'art Egyptien, d'après les monuments. Paris 1863. fol.

16. C. R. Lepsius, Das bilingue Dekret von Kanopus. Berlin 1866. 4°.

17. Brasseur de Bourbourg, Recherches sur les ruines de Palenqué. Paris 1866.
18. S. Reinisch, und E. Robert Roesler, Die zweisprachige Inschrift von Tanis. Wien 1866. 8°.
19. J. Duemichen, Historische Inschriften alt-aegyptischer Denkmaeler. Leipz. 1867. 4°.
20. H. Brugsch, Hieroglypisch-Demotisches Wörterbuch. Leipz. 1867. 4°.

Pag. 153 et 55.

12. C. P. Caspari, Ungedruckte, unbeachtete und wenig beachtete Quellen zur Geschichte des Taufsymbols und der Glaubensregel. Christiania 1866. 8°.

Pag. 153.

7. Die Anfänge der Druckerkunst in Bild und Schrift. An deren frühesten Erzeugnissen in der Weigel'schen Sammlung erläutert von T. O. Weigel und Ad. Zestermann. Leipz. 1866. 2 Bde. 4°.
8. Inventaris van het Archief der stad Haarlem, opgemaakt door Mr. A. J. Enschedé. Haarlem 1866. 8°.
9. J. K. van der Wulp, Catalogus van de tractaten, pamfletten enz. over de geschiedenis van Nederland, aanwezig in de bibliotheek van Isaac Meulman. Amst. 1866. 4°.
10. Informacie op den staat, faculteit ende gelegentheit van de steden ende dorpen van Hollant ende Frieslant, om daernae te reguleren de nyeuwe schiltaele, gedaen in den jaere MDXII. (Uitgegeven van wege de Maatschappij der Nederl. Letterkunde.) Leid. 1866. 8°.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES.

I.

LITHOGRAPHIA WIRCEBURGENSIS.

HOMO DILUVII TESTIS.

L'ouvrage singulier de J. B. A. Beringer, professeur de la Faculté de médecine de Wurtzbourg, intitulé *Lithographiae Wirceburgensis specimen primum*, est assez connu. Ce livre (petit in-folio de 96 pages, avec un frontispice et 21 planches en taille-douce) parut en 1726 à Wurtzbourg sous le nom de Georgius Ludovicus Huebbr, qui, à l'occasion de sa promotion au doctorat, avait soutenu une thèse publique sur le sujet dont il traite, et qui y a mis une épître dédicatoire au Prince-Evêque de Wurtzbourg (10 pages non numérotées). Je ne donnerai pas ici une description de ce livre assez rare, ni de la prétendue nouvelle édition de 1767, qui n'est que le reste des exemplaires de la première édition de 1726, qui furent achetés par un libraire de Leipzig et publiés avec un titre nouveau sous le nom de Beringer, et sans l'épître dédicatoire de Huebber. Celui qui veut connaître l'histoire de ce livre et de la grossière mystification qui amena Beringer à le publier, peut consulter là-dessus la *Notice sur l'ouvrage singulier, intitulé* Lithographia Wirceburgensis, *et sur la mystification qui y a donné lieu; par* M P. X. Leschevin, Paris 1808. Cette notice est extraite du *Magasin Encyclopédique*.

Ce qui me fait mentionner ici ce livre, c'est que le Musée Teyler, où se trouvent les deux éditions, est aussi en possession d'une illustration de la *Lithographia Wirceburgensis* qui, à ce que je crois, ne se trouve pas ailleurs. Elle consiste en cinq pseudo-fossiles de la collection de Beringer, fabriqués sans doute par le même Deckart qui s'est si

cruellement moqué de la crédulité inconcevable de BERINGER. Ces pierres ne sont pourtant pas figurées dans la *Lithographia;* peut-être BERINGER les aurait-il publiées, s'il avait pu en donner un *Specimen alterum.*

On sait que le Musée Teyler possède un exemplaire de la Salamandre gigantesque fossile d'Oeningen (*Andrias Scheuchzeri*), qui est le même que SCHEUCHZER, chose presque incroyable pour un médecin, a pris pour le squelette d'un homme antédiluvien, et qu'il a décrit sous le nom de *Homo diluvii testis.* Mais la bibliothèque ne contient par la dissertation dans laquelle SCHEUCHZER a décrit ce squelette prétendu humain. Le titre en est: *Homo diluvii testis et theoskopos. Tiguri*, 1726. Cette dissertation semble être assez rare.

II.

PLANTAE JAVANICAE PICTAE.

La Bibliothèque Teyler possède une collection reliée en un gros volume grand in-folio de dessins coloriés, représentant des plantes orientales. Ces dessins, exécutés évidemment d'après nature, sont faits par ordre et aux frais du célèbre bourgmestre d'Amsterdam NICOLAS WITSEN.

En ouvrant le volume, on trouve le titre suivant, dessiné en lettres d'imprimerie capitales:

Plantae Javanicae pictae ex Java transmissae anno MDCC. Curâ et sumtibus Nicolai Witsen consulis Amstelaedamensis.

Après ce titre suit une autre feuille, du même papier que celui des planches, et qui contient deux inscriptions. L'une des deux, qui se trouve en haut et un peu à droite, contient les mots suivants:

Planten, boomen, gewassen en kruiden voor my doen aftekenen in indien en van batavia besorgt. N. Witsen, 1700.

L'autre inscription porte:

Arbores, frutices, plantae et Herbae Indicae, cura et sumtibus Amplissimi Viri Nicolai Witsen, consulis quondam Urbis Amstelaedamensis, delineatae, atque ex Java seu Batavia anno MDCC transmissae. Hisce nomina

generica et specifica, quae indagare potui, adscripsi anno MDCCLVIII. Joannes Burmannus.

Tous les dessins sont exécutés sur du papier épais et un peu rude; celui des dix derniers dessins est d'un format plus petit que celui des autres. Pour pouvoir relier ces dix dessins sans trop rogner les autres, on les a collés sur du papier plus blanc et à nervures beaucoup plus apparentes, qui est le même papier sur lequel a été dessiné le premier titre. Chaque feuille contient la figure d'une plante ou d'une partie de plante, très-bien dessinée et coloriée. Le nombre des feuilles est de 232.

Après la dernière figure se trouve une Table écrite sur le même papier que celui des dessins, et dont l'épigraphe, tracée de la même main que le titre premier ou plus récent, porte:

Icones plantarum Javaniearum [sic] *in hoc volumine.*

Cette Table contient les noms suivants: 1 *Curcuma longa.* 2 *Poinciana pulcherrima.* 3 *Erythrocarpus frutescens.* 4 *Cassyta filifornus.* 5, 6 *Melia Azedarach.* 7 *Ricinus communis.* 8 *Datura fastuosa.* 9 *Ricinus africanus.* 10 *Jasminum Sambac.* 11 *Fagraea lanceolata.* 12 *Ficus.* 13 *Piper.* 14 *Acalypha.* 15 *Acalypha hispida.* 16 *Melastoma Malabatrica.* 17 *Phyllanthus Rhamonoides?* 18 *Acrostichum speciosum.* 19 *Achyranthis aspera.* 20 *Mephitidia ?* 21 *Jasminum undulatum.* 22 *Piper.* 23. 24 *Cytisus Cajan.* 25 *Ficus.* 26 *Hedysarum.* 27 *Averrhoa Bilimbi.* 28 *Hedysarum.* 29 *Urtica.* 30 *Acanthus ilicifolius.* 31 *Barleria Prionitis?* 32. 33 *Psidium pomiferum.* 34 *Emblica officinalis.* 35 *Momordica bicolor.* 36 *Melastoma.* 37 *Tamarindus.* 38 *Facca palmata.* 39. 40 *Ficus.* 41 *Dolichos violaceus.* 42. 43 *Aralea.* 44. 45 *Clypea.* 46 *Ardisia.* 47 *Stemadia ruderalis.* 48 *Aralea.* 49 *Psideum pomiferum.* 50 *Amomum cardamomum.* 51 *Caelosia.* 52, 53 *Cocculus.* 54 *Cephalanthus.* 55, 56 *Piper Betle.* 57 *Cacalia Sauchifolia.* 58 *Amomum cardamomum minus.* 59 *Zinqiber Zerumbet.* 60 *Diclyptera* 61. 62. 63. 64 *Guilandina aculeata.* 65, 66 *Physalis angulata.* 67. 68. 69 *Ficus.* 70. 71 *Acrostichum.* 72. 73 *Clypea.* 74. 75. 76. 77 *Aralea.* 78 *Ficus Benjamina.* 79 *Ficus.* 80. 81 *Acrosticum volubile.* 82 *Cissus.* 83 *Phyllanthus anceps.* 84 *Vitex Negundo.* 85 *Solanum Blumii.* 86 *Acalypha.* 87 *Acalypha.* 88. 89 *Abrus Praecatorius.* 90 *Phyllanthus urinaria.* 91. 92 *Euphorbia nereifolia.* 93. 94. 95. 96 *Psychotria.* 97. 98. 99. 100. 101 *Kempferia.* 102 *Pothos.* 103 *Guilandina.* 104. 105 *Urtica.* 106 *Cuminum oleosum.* 107 *Hellenia scabra.* 108 *Psychotria.* 109 *Cissus.* 110 *Arctocorpus integifolia.* 111. 112 *Phyllanthus.* 113 *Mangifera indica.* 114 *Pesbania grandiflora.* 115. 116. 117 *Polypodium quercifolium.* 118 *Piper longum.* 119 *Caladium.* 120 *Alpinia.* 121 *Bambax.* 122 *Poupartia.* 123 *Camirium oleosum.* 124 *Zingiber.* 125 *Nerium.* 126 *Dolichos gladiatus.* 127 *Allium.* 128 *Areca catechu.* 129 *Caladium.* 130. 131 *Morinda citrifolia.* 132 *Anacardium occidentata.* 133. 134 *Zingiber Zerumbet.* 135 *Cossus speciosus* 137 *Croton variegatum varium.* 138. 139 *Erythrina indica.* 140 *Cocos nucifera.* 141 *Barleria Hystrix.* 142 *Lycopodium Wildenowii.* 143 *Justitia gendarussa.* 144

Mangifera indica. 145 *Areca catechu.* 146 *Ipomea pes Tigridis.* 147 *Cissus crenata.* 148 *Gossypium.* 149 *Sandoricum indicum.* 150 *Sonchus.* 151 *Mangifera Ganduria. Nephelium Lapaceum.* 152 *Anacardium occedentale.* 153 *Hedysarum.* 154 *Carica Papaya.* 155 *Caryophyllus aromaticus.* 157 *Pothos?* 158 *Urtica urens.* 159 *Abrus.* 160. 161. 162 *Hedysarum gangeticum.* 163 *Lagerstroemia.* 164 *Phaseolus.* 165 *Lansium?* 166 *Conyra sonchifolia.* 167 *Hedysarum.* 168 *Sida.* 169 *Piper.* 170 *Crinum asiaticum* 171 *Acorus aromaticus.* 172 *Ipomoea Pes tigridis.* 173. 174. 175 *Soneratia acida.* 176. 177 *Pancratium amboinense.* 178. 179 *Justitia Gandarussa.* 180 *Alpinia malacensis.* 181. 182 *Cissus.* 183 *Arctocarpus?* 184. 185. 186. 187. 188 *Erythrina indica.* 189 *Amomum cardamomum.* 190 *Hedysarum. Oxalis corniculata.* 191 *Justitia.* 192. 193 *Hedysarum.* 194 *Asclepias lactifera.* 195 *Hydrocotyle asiatica.* 196. 197. 198 *Plectranthus.* 199 *Cucurbita.* 200 *Cerbera.* 201 *Rhamnus Oenoplia.* 202 *Arctocarpus integrifolia.* 203. 204 *Burleria prionitis.* 205 *Hybiscus.* 206 *Cleome viscosa.* 207 *Cotyledon laciniata.* 208 *Ricinus ruber.* 209 *Ocymum Basilicum.* 210 *Averrhoa Carumbola.* 211 *Guilandina Bonduc.* 212 *Asclepias.* 213. 214 *Citrus.* 215 *Asclepias.* 216 *Piper carnosina.* 217 *Secamone.* 218 *Ipomata marifomia.* 219 *Averrhoa.* 220 *Phyllanthus.* 221 *Cuma viridiflora.* 222. 223 *Arachnis machifera.* 224 —— [*la même plante*]. 225 *Arenga saccharifera.* 226 *Euphorbia articulata.* 227. 228. 229 *Bombax pentandra.* 230 *Epidendri sp.* 231 *Arenga saccharifera.* 232 *Croton variegatum.*

J'ai reproduit cette liste avec toutes les fautes commises par la personne qui l'a écrite, et qui certainement n'était pas botaniste. Du reste toute indication sur le savant qui, après Burman, a déterminé de nouveau les plantes contenues dans ce volume et qui en a dressé la Table, manque complétement. Toutefois on pourrait peut-être découvrir son nom; car les dénominations qu'on trouve dans la Table, se trouvent aussi, mais correctement, sur les planches elles-mêmes, où elles sont écrites au crayon et quelquefois à l'encre.

Les dessins portent de plus des inscriptions plus anciennes, en partie de la main de Witsen ou d'un contemporain, peut-être du dessinateur, en partie de Burman. Je terminerai cette note en donnant quelques exemples de ces inscriptions.

La première planche porte écrit d'une main du 17e siècle (celle de Witsen ?):

Kaningh oft oostindische Saffraan,

et de la main de Burman:

Curcuma foliis lanceolatis, utrimque acuminatis, nervis lateralibus numerosissimis. Roy. fl. Leid. pr. 12 *Linn. Fl. Zeyl. pag.* 3.

Curcuma radice longa. Burm Fl. Zeyl. pag. 83. *Herm. H. L. B. prod ubi icon.*

Curcuma Rumph Herb Amb. lib. 8, *cap.* 16, *Tab.* 67.

Manjella kua H. Malab. Tom 11, *Tab.* 12 *etc.* [1])

La planche 5 a les inscriptions suivantes.

Au haut de la planche:

Lida boeadja,

écrit d'une main plus moderne que celle de WITSEN; au bas, de la main de BURMAN:

Aloë foliis mucronatis triangulis, verrucosa et spinosa.

Au haut de la planche 6 on trouve tracé au crayon *rouge:*

Mangosij de Costa.

Au bas BURMAN a écrit:

Melia foliis pinnatis ac serratis. Linn. H. CL. pag. 161 *et Fl. Zeyl. pag.* 71.

Azedarach foliis falcato-serratis. Burm. Fl. Zeyl. pag. 40, *Tab.* 15, *ubi vide reliqua.*

III.

A. P. DE CANDOLLE, HISTOIRE DES PLANTES GRASSES AVEC DES FIGURES PEINTES PAR REDOUTÉ.

Dans le *Thesaurus literaturae botanicae* de M. G. A. PRITZEL (Lips. 1851) on trouve cet ouvrage décrit de la manière suivante.

DE CANDOLLE, Plantarum historia succulentarum. Histoire des Plantes grasses, avec leurs figures en couleurs, dessinées par P. J. REDOUTÉ. Paris 1799—1829. XXXI fasciculi. Folio (185 tab. col. 159 foll.).

„(Opus fere semper incompletum! Fasciculi I—XX: 120 tab. col. totidemque folia textus præter titulum præfationem et indicem sistunt volumen primum. Tunc sequuntur fasciculi XXI—XXVIII, in quibus tabulae et textus 131—159 insunt usque ad Mesembryanthemum viridiflorum, sine titulo et indice. Ultimos fasciculos XXIX—XXXI annis 1828—1829 inprimi curavit Garnery Parisiensis, vix vero edidit, quum ne in autoris quidem bibliotheca adsint. His etiam beatus Guillemin operam navavit. Exstant in bibliotheca *Delessertiana* et *Goettingensi*. Sequentes insunt tabulae: *Stapelia hirsuta*, *Cactus Royeni*, *Umbilicus*

---

[1]) BURMAN a ici commis une erreur. Dans le Tom. 11 du *Hortus Malabaricus* la planche 11 donne la figure de la *Manjella kua* (*Kaempfera longa*) et la planche 12 celle de *l'Inschi kua* (*Amomum zingiber*).

pendulinus, *Anthericum asphodeloides*, *Mesembryanthemum lateriflorum* *M. scabrum*, *Stapelia Asterias*, *St. reticulata*, *Cotyledon angulata* [*un-gulata*], *Mesembryanthemum albidum*, *M. tuberculatum*, *M. radicans*.— Duæ operis sunt impressiones, altera forma folio dicta, cujus interdu folia 139—142 cum tabulis desiderantur, subditis aliis e minori ed tione; pretium fasciculi 30 *fr.* = 390 *fr.*; altera quarta forma, pret fasciculi 12 *fr.* = 372 *fr.*)"

L'exemplaire de la Bibliothèque Teyler contient 176 planches relié et indiquées dans la Table; parmi elles se trouvent les 12 planch des livraisons XXIX—XXXI, énumérées par M. PRITZEL. Mais e outre il y a encore 6 planches, dessinées par REDOUTÉ, qui représen tent les plantes suivantes: *Kalankoë crenata*, *Mesembryanthemum lacerum* *M. crassifolium*, *Reaumuria vermiculata*, *Stapelia grandiflora*, *Talinu patens*. Ces six planches ne sont pas reliées avec les autres et ne so pas accompagnées d'un texte; les noms des plantes qui y sont figuré ne se trouvent pas dans la Table. Le nombre total des planches est donc 18

Dans la vie de DE CANDOLLE, publiée par M. A. DE LA RIV (A. P. DE CANDOLLE, sa vie et ses travaux. Paris et Genève, 1851 8 *l'Histoire des plantes grasses* est décrite ainsi:

„Histoire des plantes grasses avec des figures peintes par REDOUT en latin et en français, in-folio et in 4°, 28 livraisons; Paris 1799 1803, avec 168 planches en couleur."

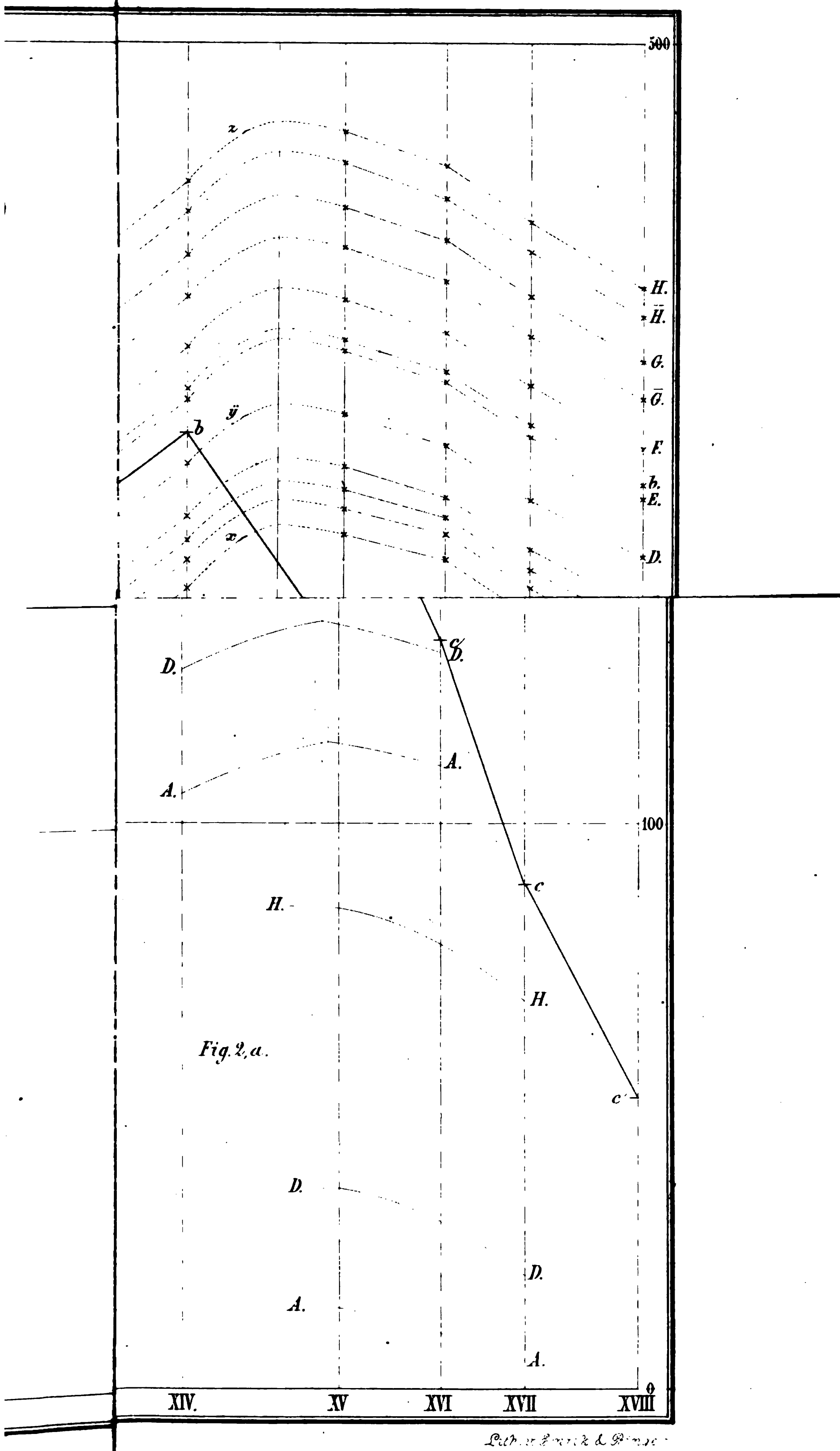
La liste des ouvrages de DE CANDOLLE, qui se trouve dans l „Mémoires et souvenirs de AUGUSTIN-PYRAMUS DE CANDOLLE, écrits p lui-même et publiés par son fils. Genève et Paris 1862 8°", décrit livre en question de la manière suivante:

„Plantarum historia succulentarum. Histoire des plantes grasses, av leurs figures en couleurs dessinées par REDOUTÉ, en latin et en françai in-folio et in 4°; vol. 1 à 20, contenant 120 pl. avec titre et tab Paris an VII—X (1799 à 1802), livraisons 21 à 28, pl. 121 à 159 (1803)

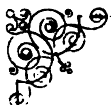
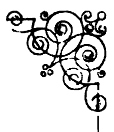
L'Histoire des plantes grasses contient donc:

185 (171?) planches en 31 livraisons suivant M. PRITZEL,
168 " " 28 " " M. DE LA RIVE,
159 " " 28 " " M. A. DE CANDOLLE
182 " " 30 (31?) " dans notre exemplaire.

D'où vient cette différence, et comment l'expliquer?


500
z
y
x
b
H.
H̄.
G.
Ḡ.
F.
h.
E.
D.
c
D.
A.
100
H.
c
H.
c'
Fig. 2, a.
D.
D.
A.
A.
0
XIV.
XV
XVI
XVII
XVIII

IMPRIMERIE DES HÉRITIERS LOOSJES, à HARLEM.

ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

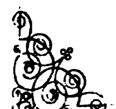
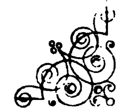
FASCICULE TROISIÈME.

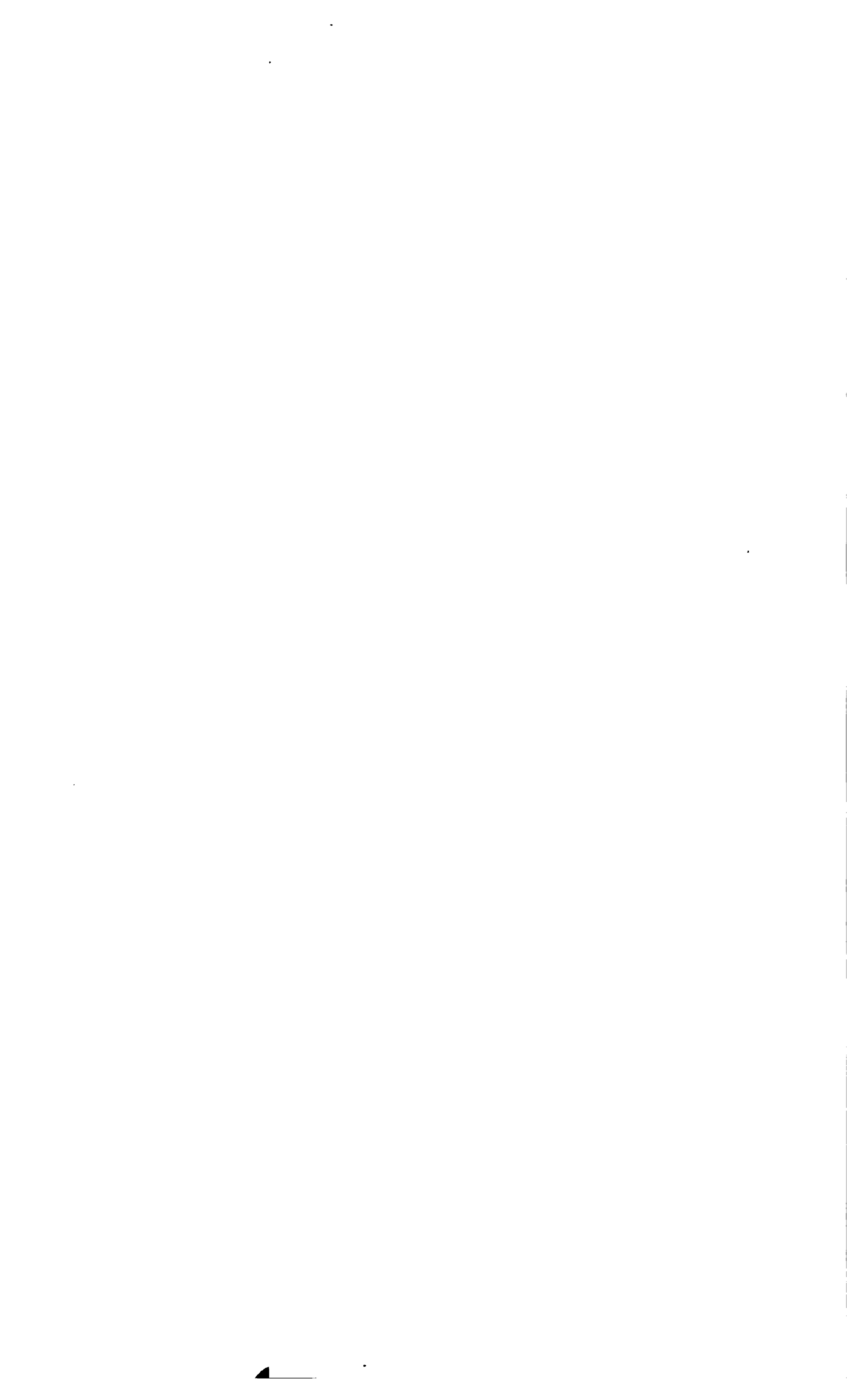
HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.

1868.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS.

LEIPSIC,
G. E. SCHULZE.



ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

Fascicule troisième.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.

1868.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS.

LEIPSIC,
G. E. SCHULZE.

1878, July 23.
Gift of
the Bussey Institution.

TABLE DES MATIÈRES.

AVIS.

Les Archives du Musée Teyler paraitront de temps à temps en cahiers successifs, qui contiendront des mémoires scientifiques et les augmentations annuelles de la Bibliothèque et des collections Paléontologiques etc. du Musée.

FONDATION

DE

P. TEYLER VAN DER HULST,

À HARLEM.

MEMBRES DES SOCIÉTÉS TEYLÉRIENNES.

De la première Société ou Société de théologie.

Dr. S. MULLER, *ancien professeur.*
W. C. MAUVE, V.D.M.
Dr. A. KUENEN, *professeur.*
Dr. S. HOEKSTRA Bz., *professeur.*
C. SEPP, V.D.M.
Dr. D. HARTING, V.D.M.

De la seconde Société.

H. BEIJERMAN, *Dr. en droit, ancien professeur.*
P. ELIAS, *Dr. en droit.*
Dr. J. VAN DER HOEVEN, *professeur.*
J. DE BOSCH KEMPER, *Dr. en droit, ancien professeur.*
Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN.
Dr. A. VAN DER WILLIGEN Pz.

PROGRAMM

DER

Teylerschen Theologischen Gesellschaft

ZU HAARLEM,

FÜR DAS JAHR 1868.

Am verwichenen 8ten November d. J. hielten die Directoren der Teylerschen Stiftung sammt den Mitgliedern der theologischen Section dieses Institutes ihre jährliche Sitzung, um ihr Urtheil über die eingekommene Antworten auf die hängende Preisfragen abzugeben.

Die erste Frage war eine schon früher ausgesetzte, aber bis dahin unbeantwortete; sie erheischte:

„Eine vollständige kritische Uebersicht der Leistungen Dr. FERDINAND CHRISTIAN BAUR's auf theologischem Gebiet.

Zur Lösung dieser Frage waren zwei holländisch verfasste Schriften eingesandt; eine unter dem Wahlspruch: *Exercendi ingenii ergo*, eine zweite, mit dem Motto verzeichnet: *„Nicht darauf kommt es an, wie viel man glaubt, sondern nur darauf, was man glaubt und wie man glaubt".*
BAUR.

Nach dem Urtheil der Preisrichter wurde der erstgenannten Antwort die goldene Medaille zuerkannt, als deren Verfasser der geöffnete Namenszettel Dr. W. SCHEFFER, Prediger an der reformirten Gemeinde zu Leiden auswies. Dem Einsender der zweiten Antwort fiel eine silberne Medaille zu Theil, unter der Bedingung, dass er die Eröffnung des Namenszettels gestatte und die Veränderungen in seine Arbeit aufnehme, welche nach dem Urtheil der Mitglieder darin erfordert werden. Dieser Bedingung ist später Genüge geleistet, wobei sich als Verfasser erwiesen hat Dr. S. P. HERINGA, reformirten Prediger zu Zuid-Scharwoude.

Die zweite Frage, nach den „Ursprung, Charakter und Einfluss des Essäismus" hatte vier Bearbeiter gefunden, deren keiner Stimmen zur Krönung gewann. Die eine holländisch verfasste Antwort, mit dem Denkspruch: „Ἐγώ εἰμι τὸ φῶς τοῦ κόσμου," wurde, ebenso wie die französisch geschriebene, unter dem Motto: *„Non inferiora secutus"*, als gänzlich ungenügend zur Seite gelegt; die lateinische Abhandlung, gekennzeichnet durch die Worte: *„Scrutamini scripturas,"* gab zwar Be-

weise grosser Belesenheit ausgebreiteter Bücherkenntniss, wurde aber wegen gänzlichen Mangels an wissenschaftliche Methode und Kritik, des Preises nicht würdig erklärt; eine zweite holländische mit dem Symbol: „Μηδεν επιζητειτε Ιουδαϊκούς αφορισμους." schien sich wohl hier und da durch manche gute Gedanken zu empfehlen, aber verlor sich zugleich, namentlich in der dritten Abtheilung, in so viele unbegründete und gewagte Behauptungen, dass auch sie keinen Anspruch auf den ausgesetzten Preis machen konnte.

Für das Jahr 1868 hat die Gesellschaft die folgende Frage zur Preisbewerbung aufgestellt.

„Unter den verschiedenen Schriften des christlichen Alterthums befinden sich bekanntlich *Pseudepigrapha*. Die Erklärung und die billige Beurtheilung dieser Erscheinung erfordern eine Berücksichtigung des Ursprungs und des früheren Gebrauchs dieser literarischen Form. Es wird daher verlangt:

„Eine Abhandlung, die eine historische Uebersicht, eine genetische Erklärung und eine Würdiging aus dem sittlichen Gesichtspunkt der pseudepigraphischen Literatur des vorchristlichen Zeitalters enthält."

Der Preis besteht in einer goldenen Medaille von *f* 400 an innerem Werth.

Man kann sich, bei der Beantwortung, des Holländischen, Lateinischen, Französischen, Englischen oder Deutschen (nur mit Lateinischer Schrift) bedienen. Auch müssen die Antworten, mit einer anderen Hand als der des Verfassers geschrieben, *vollständig* eingesandt werden, da keine unvollständige zur Preisbewerbung zugelassen werden. Die Frist der Einsendung ist auf 1 Januar 1869 anberaumt. Alle eingeschikte Antworten fallen der Gesellschaft als Eigenthum anheim, welche die gekrönte, mit oder ohne beigefügter Uebersetzung, in ihre Werke aufnimmt, sodass die Verfasser sie nicht ohne Erlaubniss der Stiftung herausgeben dürfen. Auch behält die Gesellschaft sich vor, von den nicht gekrönten Antworten nach Gutfinden Gebrauch zu machen, mit Verschweigung oder Meldung des Namens der Verfasser, doch im letzten Falle nicht ohne ihre Zustimmung. Auch können die Einsender nicht anders Abschriften ihrer Antworten bekommen, als auf ihre Kosten. Die Antworten müssen, nebst einem versiegelten Namens-Zettel, mit einem Denkspruch versehen, eingesandt werden an die Adresse: *Fundatiehuis van wijlen den Heer* P. TEYLER VAN DER HULST, te *Haarlem*.

Programme

DE LA

SECONDE SOCIÉTÉ TEYLER,

POUR L'ANNÉE 1868.

La Seconde Société de la Fondation Teyler a décidé de mettre au concours pour l'année 1868 la question suivante prise dans le domaine des Arts du Dessin :

„On demande un examen historique et critique de la culture de la Gravure sur Bois dans les Pays-Bas, depuis l'origine jusqu'à la fin du 17e siècle. Cet examen devra être accompagné de la description aussi complète que possible des œuvres des artistes Néerlandais qui, durant cette période, ont excellé dans la Xylographie."

Le prix proposé pour la meilleure réponse, laquelle devra d'ailleurs donner une solution satisfaisante de la question, consiste en une Médaille d'Or d'une valeur intrinsèque de quatre cents florins.

Les mémoires devront être rédigés en Hollandais, Français, Anglais ou Allemand, et écrits en *caractères latins*, bien lisiblement et *d'une autre main que celle de l'auteur*. Vu l'étendue des recherches préliminaires nécessaires, il est laissé aux concurrents un temps double de celui accordé habituellement, c'est-à-dire que les mémoires devront être envoyés dans leur entier avant le premier Avril 1870, pour être jugés avant le mois de Mai 1871.

Tous les mémoires adressés resteront la propriété de la Société. Celle-ci insérera dans ses publications avec ou sans traduction, la pièce

couronnée, dont l'Auteur renoncera au droit de publier lui-même son travail sans l'autorisation de la Fondation. La Société se réserve aussi le droit de faire des pièces non couronnées tel usage qu'elle jugera convenable, soit sans mention du nom de l'Auteur, soit en citant ce nom; dans le dernier cas toutefois elle n'agira *pas* sans le consentement de l'Auteur. Les auteurs des mémoires non couronnés ne pourront en faire prendre de copies qu'à leurs propres frais. Les mémoires destinés au concours devront n'avoir en signature qu'une simple devise, et être accompagnés d'un billet cacheté portant en suscription la même devise et indiquant à l'intérieur le nom et le domicile de l'Auteur; ils seront adressés à la *Maison de Fondation de feu M.* P. TEYLER VAN DER HULST, à *Harlem.*

La Société fait connaître en même temps: Qu'en réponse à la question mise au concours pour l'année 1865, dans les termes suivants:

„De tout temps on a attribué aux poètes un certain don prophétique (Vaticinium). La Société demande le développement et l'appréciation critique de cette idée appuyés sur un nombre suffisant d'exemples."

elle a reçu un mémoire avec la devise:

Τὸ τῶν προφητῶν γένος ἐπὶ ταῖς ἐνθέοις μαντείαις κριτὰς ἐπικαθιστάναι νόμος.
PLAT. TIM.

Que dans une réunion combinée de MM. les Directeurs de la Fondation et des Membres des deux Sociétés, tenue le 7 Avril 1867, il a été résolu de ne pas accorder le prix au mémoire en question, vu que Messieurs les rapporteurs, tout en reconnaissant les grands talents dont l'Auteur a fait preuve, ont été d'avis que le sujet n'avait pas été conçu d'une manière assez large ni traité d'une manière assez complète pour que le travail présenté pût être couronné.

NOTICE SUR QUELQUES LETTRES,

ÉCRITES AU

COMTE DE LEYCESTER

PAR LE

PRINCE GUILLAUME DE NASSAU,

PAR

Dr. K. SIJBRANDI.

Des lettres du prince Guillaume de Nassau, même quand elles ne contiennent pas des faits historiques de grand prix, ont toujours un intérêt particulier pour nous, à cause du nom de l'auteur, et de l'amour que nous portons tous au libérateur de la patrie. En tout cas, elles servent plus ou moins à nous faire mieux connaître la personne et le caractère d'un prince si remarquable; et de ce point de vue elles peuvent être regardées comme des documens intéressans pour son histoire.

Cette considération m'autorise à publier quelques lettres qui récemment me sont tombées en main, et qui, bien qu'elles ne contiennent rien d'inconnu, méritent pourtant notre attention.

En cherchant quelques papiers dans une armoire de la Fondation Teyler, qu'on ouvre rarement, je trouvai deux recueils de lettres manuscrites, d'un aspect peu engageant, dont les bords étaient rongés ça et là, soit par la poussière, soit peut-être par l'humidité. Je ne m'en étonne pas. Ces manuscrits étaient restés là à peu près un demi-siècle, sans que personne s'en fût inquiété. En ouvrant dans un des deux recueils une lettre, datée Septembre 1809, adressée par M. W. A. van Spaen à M. A. van den Ende, alors inspecteur des écoles et de l'in-

struction primaires, je découvris que le dit M. van Spaen avait examiné ces manuscrits et en avait fait quelques extraits. Il parle de trois volumes, et le troisième aussi s'est retrouvé quelques jours plus tard. „Ils proviennent", dit il dans sa lettre, „de la collection du sieur Hottoman". Et en effet, l'un des volumes contient des lettres adressées au sieur Hottoman, et le second (selon M. van Spaen) „des minutes de lettres, écrites au ministère de France par le sieur Hottoman, lorsqu'il était ambassadeur à Dusseldorp", pièces, „qui jettent beaucoup de lumière sur l'histoire de la succession de Clèves et de Juliers, et sur les desseins de Henri IV, qui furent frustrés par sa mort" [1]).

La troisième collection, celle que j'ai devant moi, est accompagnée d'une liste ayant pour titre: *Verzameling van* 81 *origineele en* (*op drie na*) *eigenhandige Brieven allen geschreven aan en gekomen uit het kabinet van* Robert Dudley *graaf van Leicester*, *Ridder van de Kousseband*, *geheime raad en opperstalmeester van Koningin Elisabeth van Engeland*, *en wegens dezelven Landvoogd van de Nederlanden*, *geschreven door volgende grooten* (Collection de 81 lettres originales et autographes (excepté trois) toutes écrites à et provenant du cabinet de Robert Dudley, comte de Leycester, chevalier de l'ordre de la Jarretière, conseiller intime et grand-écuyer de la Reine Elisabeth d'Angleterre, et de sa part gouverneur des Pays-Bas, écrites par les nobles suivans). A la fin du volume se trouve une seconde liste: *Lijste der origineele brieven van verscheyde grooten*, *in één band gebonden* (Liste des lettres originales de plusieurs nobles, reliées en un volume), dont les 79 premiers numéros correspondent à ceux de l'autre liste; mais du N°. 80 au N°. 293 suit une quantité de lettres à M. Hottoman, qu'on retrouve en grande partie dans la première collection dont j'ai parlé. Pour le moment je laisse de côté tous ces documens, et je fixe l'attention du lecteur sur quelques lettres de la troisième collection, qui sont écrites par le prince Guillaume I lui-même, ou qui ont rapport à sa personne. Elles sont toutes adressées au comte de Leycester, celle du prince écrites en lettres Gothiques, quoique la signature soit en lettres ordinaires.

La première lettre du prince, qui est aussi la première de toute la collection, est certainement la moins intéressante. Elle est datée d'avant le jour où le comte de Leycester vint aux Pays-Bas dans la suite du

---

[1]) Voir l'appendice.

duc d'Anjou, et par conséquent du temps que le prince et le comte ne s'étaient pas encore rencontrés personnellement. Aussi peut-on aisément remarquer que cette lettre est écrite sur un tout autre ton que les suivantes. C'est simplement le ton de courtoisie, mais sans aucune allusion à des relations d'amitié personnelles. Pourtant la lettre nous intéresse comme une preuve du zèle et de la bienveillance que le prince, au milieu de ses grands soucis, montre par rapport aux affaires d'un pauvre homme. Un malheureux marin a perdu sa barque par suite de piraterie, et le prince ne se contente pas d'un premier effort qu'il a tenté pour lui faire rendre justice, mais, quand sa première réclamation reste sans effet, il sollicite par une seconde lettre de sa propre main l'entremise du comte de Leycester, pour qu'il aide le pauvre marin à recouvrer sa propriété. Voici cette lettre:

Lettre du prince GUILLAUME I.

Monsieur Il me souvient vous auoir escript quelques mes lres au mois de decembre dernier touchant la plainte qui m'a este faicte de la part d'un paoure marinier de ces pays nomme Witte gerritsz, a cause que son batteau luy auroit este prins par quelque pirate et mené en Angleterre sans qu'il en a depuis peu auoir la recouurance. Et vous prie qu'il vous plaise tant fauorizer le dict paoure homme par l'Interposition de vre auctorité que sondyt batteau luy pourroit estre restitué. Mais d'aultant que le dict marinier m'a Iteratiuement faict entendre que par les delays que sa partie aduerse a scu interposer, rien n'est encore effectue, ce qui tend a son entiere ruine, n'ay sceu obmestre vous prier aultresfois monsieur qu'il vous plaise impartir fidelement vre bonne faueur et auctorité au dict marinier, qu'apres si longue poursuite il puisse paruenir a ce qui luy compete, en quoy je m'asseure qui vous ferez une oeuure de charité, et m'obligerez de tant plus de fauoriser en semblable les mariniers de vos quartier sur ce apres m'estre tres affectionnement recommande a vos bonnes graces je prieray le createur vous avoir

Monsieur, en sa sainte garde et protection, de Gand ce IXme de septembre 1581.

Vre tres affectione amy a vous faire humble seruice,

GUILLE DE NASSAU.

m. le comte de leicester.

Adressée:

Monsieur
Monsieur le Comte de Leicester etc.

Le 10 Février 1582 le comte de Leycester appareilla à Flessingue avec le duc d'Anjou, et le 17 du mois il arriva à Anvers. Ce jour-là eut lieu l'entrée solennelle du duc, dont le souvenir et la description sont conservés dans le pamphlet intitulé: *La joyeuse et magnifique entrée du Monseignr.* François *Fils de France, Duc d'Anjou etc. en sa très renommée ville d'Anvers.* Anvers, Plantin 1582. On conçoit aisément, que pendant le séjour de Leycester à Anvers il y aura eu de fréquentes relations entre le prince et le comte, et les lettres postérieures en sont témoins et attestent la bienveillance et l'amitié, qui en furent le résultat. Les seigneurs anglais, et le comte de Leycester avec eux, ne restèrent que peu de jours à Anvers; c'est après leur départ, que la seconde lettre de notre collection fut écrite. C'est tout-à-fait une lettre amicale. La connaissance, commencée par la correspondance, est maintenant devenue plus intime par la rencontre personnelle, et l'impression de cette rencontre a été évidemment favorable. Avant que la nouvelle du retour sain et sauf du comte en Angleterre soit arrivée, le prince lui fait déjà parvenir l'expression de son amitié et de sa bienveillance. Je transcris la lettre:

Lettre du prince Guillaume I.

Monsieur Nous sommes encore en le estat en ce pays que vous nous y auez laissez, et j'espere que les affaires s'y conduiront tellement que ce sera au seruice et le contentement de sa ma^te et de son Alteze,

a quoy j'acheueray de m'employer, de toute ma puissance suyuant le commandement qu'il a pleu a sa ma^te^ me faire. J'espere monsieur que vous serez arriué en bonne prosperité en Angleterre, ce que je desire qu'il vous plaise me faire cette honneur de me donner a entendre par vos lres, comme aussy je vous supplie m'entretenir en ce pays en la bonne grace de sa Ma^te^. Quant a vous monsieur je suis bien aise d'auoir eu cette faueur d'auoir l'accomplissement de vostre connoissance que j'auoy commencé de sentir par vos lres et me sen tellement vostre obligé pour l'amitié et honnestete qu'il vous a pleu me demonstrer que je m'estimeray heureux si je puis auoir l'occasion de faire chose qui soit agréable pour vostre seruice, et vous supplie monsieur de bon coeur de m'y vouloir employer sur quoy m'estant humblement recommandé a vos bonnes graces je prieray dieu

monsieur vous donner en parfaite santé heureuze et longue vie. d'Anuers ce Ve de Mars 1582.

Vtre bien humble seruiteur et amy

GUILLE DE NASSAU.

Adressée:

Monsieur

Monsieur le Comte DE LEICESTER, etc.

Que ces paroles étaient sincères, on peut s'en assurer en lisant la lettre de l'épouse de Guillaume, Charlotte de Bourbon, écrite quatre jours plus tard. Pendant cet intervalle on avait reçu évidemment la nouvelle de l'arrivée du comte en Angleterre, apparemment après une traversée dangereuse, à laquelle la princesse fait allusion dans sa lettre. Les relations personnelles avec le comte ont laissé une impression très favorable chez Charlotte, et elle se complaît dans l'expression de sa gratitude à cause des marques d'amitié données par Leycester, à elle et à sa petite fille, pendant son séjour dans les Pays-Bas. La lettre est assez remarquable pour être communiquée.

Lettre de CHARLOTTE DE BOURBON

Monsieur Encore que je me soie depuis long temps resentie obligee a vous faire seruice pour tant de faueurs et bons offices qu'il vous a tousiours pleu me departir, si est ce que depuis auoir cest heur et bien de vous veoir, je me suis trouuee redeuable de nouuelles et tres grandes obligations pour tout l'honneur et amitié que vous auez fait paroistre a ma petite fille et a moy dont ie ne perdray jamais la mémoire et desireroy infiniment Monsieur que Dieu me fist la grace de me pouuoir emploier en chose qui vous fust agreable vous suppliant bien humblement de croire que ma volonté y est bien dediée, attendant les occaons de vous la pouuoir tesmoigner par quelque bon seruice. Au reste Monsieur je vous asseureray que j'ai loué Dieu de ce qu'il lui a pleu en vous preseruant du danger auquel vous auez esté, vous reconduire aupres de sa Ma^te^ en bonne disposition. Ce que nous a tous fort resiouis pour la crainte en laquelle nous auons este jusques a ce qu'en aions receu asseurees nouuelles lesquelles ne peuuent estre meilleures que je les desire. Me recommandant sur ce bien humblement a vre bonne grace et priant Dieu vous donner

Monsieur En bien bonne santé heureuse et longue vie. D'Anuers ce IXe de Mars 1582.

Monsieur je vous supplie de me permettre
de faire mes tres affectionnees rons [1])
a Monsieur DE SIDNAY vre Cousin.

Vre huble et plus affectionnee a vous faire seruice,

C. DE BOURBON.

Adressée:

A Monsieur
Monsieur le Conte DE LECESTRE.

---

[1]) Recommandations.

Peu de jours après avoir écrit cette lettre, Charlotte tomba en une poignante anxiété, qui fut la cause de sa mort prématurée, arrivée quelques semaines plus tard. Le 18 Mars 1582 eut lieu l'attentat qui faillit coûter la vie au prince Guillaume de Nassau. Le coup de pistolet de Jaureguy atteignit presque son but, et causa dans ses suites la mort de Charlotte de Bourbon. La consternation était générale au dedans et au dehors, et les lettres provenant du cabinet de Leycester en font preuve. Dans la collection même, on n'en trouve que quelques-unes qui se rapportent à cet événement, mais celles-là parlent de plusieurs autres. Je transcris la lettre qui s'y trouve sub N°. 6. Elle est écrite par Loiseleur, sieur de Villiers, chapelain de la cour du prince Guillaume, et connu pour avoir eu la main à la composition de l'*Apologie* du prince contre le roi d'Espagne. En lisant la lettre, on serait porté à croire que nous avons à reconnaître en lui l'auteur de l'ouvrage susmentionné: *La joyeuse et magnifique entrée.* La dernière partie de la lettre semble y avoir rapport, et signifie certainement quelque chose de plus, que le simple envoi d'un exemplaire d'un livre, qui ne regarde aucunement le correspondant lui-même. Voici la lettre:

Lettre du sieur VILLIERS.

Monseigneur il y a quatorze iours que i'escrivi' a vostre honneur que Monseigneur le prince auoit quelque commancement de meilleur estat. Depuis il est allé Dieu merci en amendant encore que nous n'aions pas tousiours esté hors de doubte, a raison des divers accidents qui suruenoient, a present les medecins le tiennent selon le iugement de leur science hors de danger, et nous esperons que dieu qui a monstré tant de merueilles en ceste blessure parfera son oeuure a sa gloire, a la consolation des siens et au bien de ce païs, ce que i'ai pris de cette hardiesse d'escrire a vostre honneur sachant qu'elle receura a plaisir d'entendre la bonne disposition d'un prince qui lui est tout ami come i'espere qu'en bref lui mesme l'escrira a vostre honneur.

Au reste Monseigneur i'ai par la priere de Messieurs de la ville d'Anuers recueilli l'entree de son Alteze la quelle i'ai donné charge

a ce porteur de presenter a vostre honneur qui pourra en icelle s'il lui plaist recognoistre ce qu'elle aura veu, et par sa presence honoré, Je supplie humblement vostre honneur d'excuser cette mienne hardiesse et me tenir au nombre de ses tres humbles seruiteurs. Je prie Dieu Monseigneur tenir vostre honneur sous sa saincte protection. a Anuers ce 21 d'avril 1582.

De

Vostre honneur Tres humble et tres obeisst seruiteur,

VILLIERS.

L'espoir d'une heureuse issue, manifesté par Villiers, ne fut pas trompé. La guérison du prince avança favorablement. Le 2 Mai il fut en état de rendre des actions de grâces publiques à Dieu, dans la Cathédrale d'Anvers, à cause de son rétablissement. Que cette effusion provenait du cœur, on le sent au ton de piété qui règne dans la troisième lettre du prince, faisant partie de notre collection. Elle est déjà imprimée dans les *Archives de la maison de Nassau*, publiées par Mr. Groen van Prinsterer, Tome VIII, pag. 124. Je la donne ici encore une fois, parce qu'elle est assez courte, et d'ailleurs remarquable par l'expression de la reconnaissance pour la part qu'on a prise à sa mésaventure, du sentiment de pieuse gratitude envers Dieu, et du zèle sincère et renouvelé pour la bonne cause, qui en est le trait distinctif. Voici la lettre:

Lettre du prince GUILLAUME I.

Monsieur Je ne vous scaurois exprimer par parolles le contentement que m'a donné vostre lettre, car combien que oncques auparauant je n'eusse doubté de vre bonne volonte et attention enuers moy, laquelle m'auez rendue asseurée par tant de preuues, si est ce qu'en ceste mienne deliurance hors d'un danger si extreme, j'ay esté bien aise de receuoir encor ce tesmoignage du soing et sollicitude qu'auez eu pour mon regard et la joye que retenez de ma guairison, mesmes en me reputant deuant les yeux la bonté et singuliere faueur de nostre Dieu que tout le monde recognoit en cecy, Certes monsieur je m'en sens grandement

vostre obligé, et vous prie de croire, que toute ma vie ou j'aurai moien de vous seruir, vous ne trouuerez personne au monde qui le face de meilleur coeur, mais cependant vous auez encor adiousté come le comble a cette obligation, en vous offrant de vous emploier selon vre pouuoir a l'assistance de ceste cause dont certes je vous remercie bien humblement, vous suppliant que come avez faict jusques ores, ainsi vueillez y emploier vtre credit, ne faisant doubte que Dieu benira vre labeur, Et sur ce me recomandant bien humblement en vos bonnes graces je prieray Dieu vous maintenir

Monsieur en toute prosperité, bonne et heureuse vie. De Gand le XXII[e] d'Aoust 1582.

Vtre bien humble seruiteur et amy,

GUILLE DE NASSAU.

Adressée:

Monsieur
Monsieur le Comte DE LEYCESTER,
Grand Escuier d'Angleterre.

Enfin il y a dans la collection encore une lettre du prince. Elle est datée du mois d'Octobre de la même année. Evidemment elle a rapport aux nouveaux attentats contre la vie du prince et du duc d'Anjou, qu'on avoit voulu empoisonner tous les deux. On sait que l'un des conspirateurs, l'Italien Basa, s'est tué en prison, et que l'autre, un Espagnol nommé Salseda, fut transporté et exécuté à Paris.

Même de ce crime le prince espère des suites heureuses pour la bonne cause, à laquelle il veut tout sacrifier. L'indignation du roi de France, Henri III, frère du duc d'Anjou, est éveillée par l'attentat, et ce souverain s'est plaint en public du roi d'Espagne, qui a envoyé des meurtriers contre son frère. Aussi l'envoi du maréchal de Biron à l'armée du duc d'Anjou donne au prince bon espoir pour l'avenir. Les affaires Ecossaises, en outre, lui semblent favorables. L'influence Anglaise avait pris l'ascendant en Ecosse. Le dessein de remettre sur le trône Marie Stuart en combinaison avec son fils, dessein pour la réussite duquel des agens secrets avaient invoqué le secours du pape et du roi d'Espagne, avait été frustré par la vigilance et l'acti-

vité des envoyés Anglais; le comte de Gowrie avait attiré le jeune roi dans son château de Ruthven, et là on s'était rendu maître de sa personne. Les nobles Ecossais, qui appartenaient au parti Anglais, tenaient en mains le gouvernement des affaires, et la reine Elisabeth n'avait pour le moment rien à craindre de la part de l'Ecosse. A toutes ces choses le prince fait allusion dans la lettre que je communique en dernier lieu:

Lettre du prince GUILLAUME I.

Monsieur Je suis bien aise de vostre retour en cour pour auoir par ce moyen plus souuent de vos bonnes nouuelles, et pour tousiours aider a nous entretenir en la bonne grace de sa Mate. Je ne puis vous en escrire de meilleures sinon que Dieu mercy son Altze se porte de mieulx en mieulx et donne tres grand contentement a ce peuple, tellement j'espere que dieu le benira, aussy que le Roy a accordé que le mareschal de Biron vint en l'armee de son Alteze qui nous est un grand renfort en toutes sortes, davantaige que sa Mate a faict en plein du senat de Venise des grandes complainctes contre le Roy d'Espaigne de ce que contre l'honeur et dignité Royalle il a enuoyé gens pour tuer son frere, Toutes ces choses a mon aduis ne peuuent qu'avecq le temps elles n'engendront quelque bon effect. J'ay este bien aise d'entendre l'estat d'Escosse, lequel souuentesfois j'ay crainct. Je desireroy bien qu'il fust entierement redressé, Si son Alteze y peult ayder, je m'asseure qu'il s'y employera volontiers, je desireroy aussy de ma part y pouuoir seruir en quelque chose. Je me recommande sur ce humblem a vos bonnes grce priant Dieu

Monsieur vous donner en bonne santé heureuse et longue vie. D'Anuers ce IXe d'October 1582.

Vre humble seruiteur et amy,

GUILLE DE NASSAU.

J'ajoute encore deux lettres assez remarquables de la veuve du prince Guillaume I, qui se trouvent dans la collection, l'une en copie, l'autre écrite de la propre main de la princesse. La seconde est relative à la mort du neveu du comte de Leycester, Philippe Sidney, qui fut blessé

mortellement en Septembre 1586 près de Zutphen, et mourut de ses blessures quelques semaines plus tard à Arnhem. Gouverneur de Flessingue, il avait apparemment eu de fréquents rapports avec Louise de Colligny.

Lettre de Louise de Colligny *au Comte* de Leycester.

Monseig^r^. Les bruits venus à diuerses fois et p plus^rs^ psones q v. e. delibere sur un voyage en Ang^rre^. m'ont esté si souvent repetez q j'ay esté finalem^t^ cotrainte d'en croire q^l^q chose ce qui m'a mise en grand soucy, prem^t^. po^r^. le gnal du pais et de toutes les Egles ql a pleu a Dieu a recueillir en ces puinces, d'autant q je ne puis comprendre comet elles auront moyen durat l'absence de V. E. de consister puisque p sa prce elle ne peut sans grand peine et labeur y subuenir. Mais coe il est bn raisonable en choses q je n'enten point, que je m'en remette a la resoluon de plus sages q moy, aussi j'espr q la prudence et sagesse de V. E. et l'expience quelle a eue des affes de ce pais remediera en quelque sorte a tous dangers qui pouroient suruenir durat son absence q ces pauures Egles et pais n'en pouront souffrir aucun domage, ce néanmoins je ne laisray d'auoir un soin cntinuel q m'excitera a prier Dieu po la psperité de S. M. de laqulle je vois q tous gens de bien jugent q la nre depend, et ql luy plaise mettre en son coeur de renuoyer bntost V. S. p deça auec cette autorité et moyens q nous puissions voir sous sa coduitte l'estat de ce pais restably et les ennemis de Dieu vaincus et cnfondus. Or si l'estat public m'a donné juste occon d'auoir grand soucy mo particulier Monseig^r^. et de mo fils ne m'a gueres moins touché, car come l'estat de la maison de feu Monseign^r^ mo mary est assez conu a V. E. et que je ne doy auoir honte de la cofesser devat tout le monde puisq ses grands biens ont esté employez pr le seruice de Dieu et de ces païs et q p sa pauureté reluit la justice de la qlle il a esté courone de so vivat et est encor apres sa mort malgré tous ses ennemis et medisans. Toutefois cette gloire est accopagnee a mo tres grand regret d'espines engendrées p la pauureté de moy principalement et de ce qui me touche, laqlle neamoins j'ay jusques a prt Dieu mercy soufferte avec patience, tat po obeir a Dieu et aussi p raiso de l'espérance p moy conceue suyuat les lres ql avoit pleu a S. M. m'honorer et les honestes prmesses ql

auoit pleu a V. E. me fre sur lesquelles je me suis reposée. Mais maitenat que je voy q V. E. est preste de reprendre le voyage d'Ang^{rre}. et q le temps m'a precipitée en beaucoup plus grande necessité q je n'estoy lorsq V. E. est venue p deça mesvient q les petis moyens q je puis auoir de France me sont ptie ostes, ptie accourcis p l'iniquité des guerres et des ennemis de nre maiso je conoy q avec la pauureté et necessite qui me presse ce qui fait soustenir aucunement les miserables, assez espoir m'est aussi osté tellement q je me seu surchargée d'un second mal plus pesat beaucoup q le premier, car quat V. E. sera partie de ce païs je ne voy pas psonne a qui je puisse auoir recours, coe aussi j'auoy mis entieremet mo esperance sur icelle, et coe il me semble avec beaucoup de raisons, pmieremet j'estoy bien informee de l'amitié et faueur ql luy a pleu toujours porter a toute not^{r} maiso de Chatillon et de Momorancy et q plus^{rs} S^{rs}. de ces deux maisons en leur necessitez auoiet trouué secours et assistace en vous. Je sauois aussi l'amitié ql luy auoit pleu porter toujours a feu Monseign^{r} mo mary Et finalemet il auoit pleu a S. M. m'assurer de sa bone affectio et du cmandement et charge, ql luy avoit pleu doner a V. E. d'avoir moy et les miens en singuliere recomdt et ce q j'estime une grande asseurace, il avoit pleu a V. E. me permettre de la fre. Ces raisons me font suplier humblemt V. E. d'avoir esgard a moy et a ce q me touche deuat son ptement de ces pais. Car apres son depart je pdray aussi toute esperace d'estre aucunement secourue et m'assureray d'estre entiermt abandonee, Et par ce que j'ay cerché et ft chercher p ceux qui me portet affection et a la memoire de feu Monseign^{r} mon mary qls moyens se pourroient trouuer pour me secourir puisq les affes de M^{rs} les Estas sont tels qu'ils ne peuuent satisfre coe ils sont tenus et obligés de recognoistre les grans seruices de feu Moseign^{r} et q lr puissance est de beaucoup inferieure a lr bone volonté j'ay trouuée ql ne reste autre moyen q des confiscons des bns de ceux, qui tienet le pty contre au notre, sur les qlles me semble plus raisonable q moy et mo fils ayons qlque assignon, chose usitee de tout temps quand la guerre a esté entre le R^{me}. de France et ces pais, estans les S^{rs}. mis en possession des biens, les uns des autres afin q la fidélité, qls portoient a leurs princes et pais ne leur fust tat pjudiciable q de perdre leur bien sans aucune recopense. Ce qui me ft humbt requerir V. E., voire, Je pren la hardiesse sur sa bonté de l'importuner ql lui plaise auant son ptement no seulement de recomander, mais aussi de fre effectuer q je sois asseuree de quelq ptie pr moy et mon fils laqlle je ne demande excessive ni respondate a la grandeur des biens, q nous

prdons, mais au moins q je puisse p ce moyen euiter cette maladie qui est la plus extreme (c'est pauureté) car cbien q jusqu'a prt j'aye essayé d'etretenir la dignité de la maiso a la qlle j'ay eu cet hone^{r} d'estre alliée je voy maitenant q ma principale estude doit estre a euiter pauureté et necessité, En second lieu si V. E. juge q les grans et trop conus seruices de feu Monseign^{r} meritet qlq chose, qu'il plaise a V. E. declarer a M^{rs} les Estas de Hollande qlle n'entend point, q le peu de biens q restent a cette maiso qui est surchargée de grandes dettes, q se manifestet tous les jours ainsi q m'auertisset les curateurs de la maison mortuaire, soit encores chargée d'impons aucunes. Car je suis aduertie qlles sont telles de jo^{r} en jo^{r} que les impons estans payees ne resteroit presq aucune chose pr subuenir ni a moy ni a aucun de la maison. S'il plait a V. E. doner ordre a ces deux points deuant q de partir, obligera infinement moy les miens et toute la maison a luy pr juste seruice. De quoy je la suplie bn humble et me tenir moy et mon fils en ses bones graces, Et prie Dieu

Monseign^{r}, ql vous done en pfaite santé heureuse et tres longue vie. De Flissinghe ce 4 No^{br}. 1586.

Vre bien humble et obeissante fille pour vous fre seruice,

LOUYSE DE COLLIGNY [1]).

Lettre de LOUISE DE COLLIGNY *au Comte* DE LEYCESTER.

Monsieur comme iauoy despesché mon mre dostel le S^{r}. de Fondoy pour aler visiter feu Monsieur de Sidney de ma part et par mesme moyan le prier dinterceder vers vre ex de macorder une requeste que ie luy faysois iay este aduertye du trespas du d^{t} sr le quel iay deploré et deplореré toute ma vye autans que sy cestoit mon propre frere pour rayson de ses grandes et rares vertus du seruice quil faysoit et pouuoit fayre a sa Majesté du suport que vre ex. en auoit en ses grandes affayres et dautant que ie mestimoy heureux en ceste myserable viduyté que dieu lauoit adresse en ce pays la ver-

---

[1]) Notez les abréviations : *q — que*, *p — par*, *prce — présence*, *expience — expérience*, *bn — bien*, *fre — faire*, *recomd — recommandations*, *occon — occasion*, *pmieremet — premièrement*, *impons — impositions*, l'omission fréquente de la lettre *n*, *o*, etc.

tueuse et honneste conuersation duquel me faysoit porter mes ennuits plus patiemment. Ce ma esté Monsieur une tres dure nouuelle que dentendre la perte d'un tel amy, et mest une nouuelle affliction qui men rafreschit dautres du temps passé qui ne pouront iamais passer en mon coeur, ie nen dyray dauantage a vre ex. craygnant de renouueller la douleur que ie masure elle auoit conceue dune telle perte et qui aura touche sy auant vre ex. mais comme Dieu vous a fait la grace Monsieur dauoir sa sainte cognoissance aussy ie le prye qui luy playse donner a vre ex. consolation selon la grandeur de laffliction et quil me donne aussy cette constance quen renouuellant souuant en mon coeur la memoyre de son amytie je puisse par ce moyan rabatre une partye de la tristesse dont je suis remplye dauoir perdu un sy bon et honorable amy. Monsieur ie bayse humblement les mains de vre ex et prie Dieu donner a ycelle

Monsieur tres heureuse et tres longue vye. A Flesingue ce 3 de Nouambre.

Vre bien humble et obeissante fille a vous fayre cervice,

LOUYSE DE COLLIGNY.

Je me flatte que ces lettres ne paraîtront pas dépourvues de tout intérêt. En ce cas, la collection me fournira peut-être plus tard la matière d'une nouvelle communication.

APPENDICE.

La commémoration de la mort de Henri IV me donne l'occasion d'ajouter ici une lettre Latine très remarquable du prince Maurice de Nassau, trouvée dans la collection de lettres adressées pour la plupart au sieur Hottoman. Elle est écrite quelques jours après le meurtre du roi de France, et se distingue par l'expression vraie de douleur et par certain ton de simplicité et d'intimité.

Lettre du prince MAURICE DE NASSAU.

S. Nobilissime ac Praestantissime dne Hottomanne dne ac amice pl. honorande, quantopere mors inopinata et tristis Christianissimi vestri Regis me quoque consternarit, verbis sane effari nequeo. O scelus Hispanorum nefandum, o malitia: Homines qdem non sufficiunt ad ulciscendum tam atrox et inauditum parricidium: Heus in quae nos incidimus secula! Qui solus justus e, fuit, et erit, is videt, et certo inultum non patietur; sed nos interim destituimur, tam potenti Rege, cujus noen exhorruit hactenus sceleratissima illa gens occidua, tam fido patrono et amico, cujus memoriam nulla unqm ap nos delebit oblivio; sed gratitudinem erga vestram gentem retinebimus perpetuam. Ipse te et dn Legatum accessissem, et dolorem meum coram testatus fuissem, sed prxe hisce diebus febri fui correptus, quae me in aedibus detinuit, tum tantae nostrae sunt distractiones, ut amicum salutatum ire nobis vix et ne vix qd sit concessum. Venia tn primo ocio. Vale. dn legatum saluta haud gravatim, et me tuo favore porro prosequere, ad tua officia vicissim paratissimum. 27 May 1610.

Spst

devotis.

Ignosce festinoi.

MAURITS.

Adressée :

Nobilissimo ac Praestantissimo viro, dno HOTTOMANNO, dno ac amico meo pl. honorato.

Qu'on me permette de faire connaître, en finissant, quelques données que m'a fournies Mr. Fruin, professeur à Leyde, sur les trois collections et leur collecteur. Jean Hotman (après la mort de son père, en Septembre 1589, sieur de Viliers-Saint-Paul) était fils du célèbre Franciscus Hottomannus. Il entra en 1581 ou 1582 au service du comte de Leycester, le quitta en 1584, retourna à lui en 1586, et l'accompagna aux Pays-Bas en qualité de secrétaire ou maître des requêtes. Pendant le règne de Henri IV il fut ambassadeur en Alle-

magne. Hugo Grotius reçut de lui sa collection de papiers et de documens, pour en faire usage en composant son Histoire (Voyez *Epist. Grotii*, fol. N°. 39 et 47), et la garda jusqu'après sa captivité. Plus tard elle paraît s'être égarée, du moins en partie. Dans la Bibliothèque de Mr. van Voorst se trouvaient quatre volumes des documens de la collection de Hottoman; il n'est pas improbable, que nos trois volumes ont fait auparavant partie de la même collection qui a été prêtée à Grotius.

MÉMOIRE

SUR LES

INDICES DE RÉFRACTION

DE QUELQUES

dissolutions salines

ET DE DEUX AUTRES LIQUIDES A FAIBLE DISPERSION,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Introduction.

Cette année encore, des vacances prolongées m'ont été accordées par MM. les Directeurs de la Fondation : parti pour la campagne à la fin du mois de Juin, je n'en suis revenu que dans les derniers jours d'Octobre. J'ai à rendre compte de la manière dont ce temps a été employé; j'y suis tenu d'autant plus que, durant un mois et demi, j'ai été favorisé d'un soleil éclatant, qui m'a fourni amplement l'occasion de continuer mes recherches dans la voie où je m'étais précédemment engagé.

La rotation du plan de polarisation par diffraction, rotation dont s'étaient occupés MM. STOKES, HOLTZMANN, EISENLOHR, LORENZ et, tout récemment, M. MASCART, tel était le sujet que je me proposais de soumettre à une étude expérimentale.

M. STOKES [1]) avait attiré l'attention sur ce sujet, et des résultats auxquels sa théorie l'avait conduit, et qui étaient confirmés par ses expériences, découlait cette conséquence que les vibrations de la lumière s'exécutent, conformément à l'hypothèse de FRESNEL, dans un plan perpendiculaire au plan de polarisation. M. HOLTZMANN [2]) avait répété ces expériences, et avait obtenu des résultats d'après lesquels les vibrations

[1]) *Transactions of the Royal Society of Cambridge*, IX, p. 1, 1851.

[2]) POGGENDORFF's *Annalen*, XCIX; p. 446, 1856.

seraient au contraire situées dans le plan de polarisation, ce qui s'accordait avec une hypothèse émise par CAUCHY et par NEUMANN. M. STOKES [1]) avait reconnu que sa théorie était devenue incertaine par suite de ces nouvelles recherches. M. EISENLOHR avait, de l'avis de VERDET [2]), résolu la difficulté [3]) en montrant que, d'après une interprétation exacte des phénomènes observés dans la diffraction à travers un réseau tracé sur verre, la théorie exige, que le plan de polarisation et le plan de diffraction s'écartent l'un de l'autre si les vibrations sont, conformément à l'opinion de FRESNEL, normales au plan de polarisation, et non que ces deux plans se rapprochent, comme le voulait la théorie de M. STOKES. Les résultats de M. HOLTZMANN, tout en étant en contradiction avec ceux de M. STOKES, donneraient donc pour les vibrations précisément la direction assignée par FRESNEL et par le savant anglais; et il faudrait rejeter comme incomplètes, non-seulement les expériences, mais aussi la théorie de M. STOKES. M. LORENZ s'était ensuite occupé du phénomène théoriquement et expérimentalement [4]); rejetant l'hypothèse des vibrations longitudinales, il avait de nouveau déduit de sa théorie la formule de M. STOKES, que ses expériences avaient en outre confirmée. M. MASCART [5]) enfin, avait également présenté à l'Académie des Sciences de Paris des observations sur la rotation du plan de polarisation par diffraction, desquelles il résultait que les vibrations ont lieu perpendiculairement au plan de polarisation.

Dans cet état, la question offrait, tant par rapport à l'expérience que par rapport à la théorie, un sujet d'étude des plus intéressants, et vers lequel je me sentais vivement attiré: je voulais essayer, en premier lieu, si je réussirais à obtenir des résultats concordants et bien liés entre eux.

A cet effet, je me trouvais muni, au commencement de Juillet, de deux prismes de Nicol selon la construction nouvelle de M. HARTNACK et de M. PRAZMOWSKI, et d'un prisme doublement réfringent achromatisé; M. OLLAND, fabricant d'instruments de précision à Utrecht, avait adapté au collimateur et à la lunette de mon spectromètre, en avant des objectifs, des cercles gradués au centre desquels pouvaient être fixés les prismes dont je viens de parler; j'avais en outre sous la main

---

[1]) *Philosophical Magazine*, 4e série, XIII, p. 159, 1857.
[2]) *Annales de Chimie*, 3e. série, LV, p. 504, 1859.
[3]) POGGENDORFF's *Annalen*, CIV, p. 337, 1858.
[4]) POGGENDORFF's *Annalen*, CXI, p. 315, 1860.
[5]) *Comptes Rendus*, 10 Déc., 1867. LXIII, p. 1005.

les trois réseaux de NOBERT [1]); enfin, je m'étais mis en mesure de pouvoir déterminer même de très petits mouvements angulaires des prismes.

Mais une étude préalable me convainquit bientôt qu'il serait impossible de mesurer la rotation du plan de polarisation avec la précision qui, à mon avis, était nécessaire et que je désirais obtenir; et cela, parce qu'il reste des incertitudes trop grandes dans la position des prismes qui correspond à l'obscurité complète ou qui indique la direction du plan de polarisation.

J'éprouvai un désappointement assez vif en découvrant qu'il fallait renoncer aux recherches auxquelles je m'étais préparé, l'intéressante question qui en était l'objet, et qui se trouvait en suspens depuis si longtemps, ne pouvant être décidée de cette manière. Plus tard j'eus la satisfaction de voir que l'Académie des Sciences de la Saxe était également d'avis que le problème demandait de nouvelles études et qu'une autre voie devait être suivie pour arriver à une détermination expérimentale de la direction des vibrations par rapport au plan de polarisation. En effet, la question mise au concours en dernier lieu par l'Académie semble indiquer que ce corps savant désire une solution obtenue par une méthode différente.

2. Ainsi contrarié dans mon plan primitif de travail, j'avais à faire choix de quelque autre sujet pour occuper mon été. Heureusement, la matière ne me manquait pas: j'avais laissé sur le terrain de la réfraction tant de choses inachevées, que mon seul embarras était de savoir par où commencer. Je résolus donc, bien qu'un peu à contre-cœur, je l'avoue, de reprendre ces recherches anciennes; et, en premier lieu, je voulus savoir jusqu'à quel point le troisième terme de la formule de CAUCHY conserve son signe négatif lorsqu'on augmente successivement la concentration de dissolutions salines aqueuses.

Indiquons d'abord les nouveaux instruments dont j'ai fait usage, concurremment avec les anciens, dans mon travail de cet été.

Les instruments.

3. Les instruments nouveaux dont je me suis servi dans mes dernières expériences sont les suivants:

En premier lieu: un excellent prisme creux pour liquides, dont les

[1]) *Archives*, T. I, fasc. 1, p. 3.

glaces obturatrices planes, taillées avec beaucoup de perfection, font entre elles un angle d'environ 60° 35′. Ce prisme sort des ateliers de M. STEINHEIL, et je l'appellerai dorénavant: prisme STEINHEIL V. N°. I, afin de le distinguer des prismes de verre massifs du même constructeur, ainsi que d'un autre prisme creux que je dois recevoir prochainement. J'avais demandé que ce prisme fût en verre noir, comme celui que je possède de M. MEYERSTEIN; mais M. STEINHEIL, n'ayant pu me satisfaire sous ce rapport, avait enduit le prisme d'un vernis au succin. Pour fixer les obturateurs, ce qui devait se faire sans chapes, le constructeur, voulant prévenir la dissolution de la substance adhésive dans les liquides à expérimenter, avait fait choix du verre soluble. Le vernis noir toutefois s'écailla promptement, de sorte que je m'appliquai bientôt à l'enlever complétement. Le verre soluble ne résista pas longtemps non plus, et j'eus beaucoup de peine à en débarrasser entièrement les verres obturateurs. Un nouvel essai avec la même matière n'ayant pas mieux réussi, je me résignai à en revenir purement et simplement, au moins aussi longtemps que je ne ferais usage que de dissolutions aqueuses, à mon ancien agent d'adhésion, savoir, à la térébenthine épaissie dite térébenthine de Venise.

En second lieu, comme, par suite de mon départ de Deventer, je ne pouvais continuer à me servir des instruments de la Société physique et chimique établie en cette ville, j'ai introduit un nouveau thermomètre pour la détermination des températures de l'appartement. Ce thermomètre, que je désignerai par K.N°.I, se trouvait déjà dans mes mains lors des observations de l'année passée, et j'ai pu, à cette occasion, le comparer assez fréquemment avec le thermomètre de WENCKEBACH pour m'assurer que les deux instruments conservaient dans leurs indications un parallélisme très satisfaisant.

Enfin, par le même motif, j'ai fait pour le Musée l'acquisition de trois thermomètres plus petits, qui, dans le cours de mes recherches, ont servi à déterminer les températures des liquides. Ces thermomètres étaient également déjà en ma possession l'année dernière, et je les ai alors contrôlés au moyen du thermomètre de TONNELOT [1]), appartenant au Cabinet de Deventer, lequel marquait 0°,32 de trop. Ils sont divisés tous les trois en cinquièmes de degrés de l'échelle centigrade, et ils ont des réservoirs cylindriques. J'appelle ces thermomètres:

---

[1]) *Archives*, T. I, fasc. 2, p. 76.

K. I. A, celui avec le réservoir le plus épais,
K. II. B, 〃 〃 〃 〃 moyen,
K. III. C, 〃 〃 〃 〃 le plus mince.

Douze comparaisons effectuées à cette époque, par une température atmosphérique moyenne de 17°, donnèrent pour les quatre thermomètres les résultats suivants:

	K. I. A.	K. II. B.	K. III. C.	TONN.
	203°,9	204°,1	209°,4	208°,5
moyenne	17°,0	17°,0	17°,45	17°,37

Si l'on considère le nombre relativement faible des comparaisons, et qu'on se rappelle que le thermomètre de TONNELOT marque 0°,32 de trop, on inférera de ces résultats que les deux premiers des nouveaux thermomètres peuvent être regardés comme donnant des indications parfaitement exactes; tandis que le troisième (ce dont il n'y a pas lieu d'être surpris en présence de la ténuité des parois du réservoir fortement dilaté) se tient trop haut d'environ 0°,4, et devra être soumis à une nouvelle comparaison définitive.

Dans l'usage que je ferai plus loin des indications de ces nouveaux thermomètres, je n'introduirai aucune correction pour la partie de la colonne mercurielle qui s'élève au-dessus du niveau du liquide dont il s'agit de mesurer la température. La raison principale pour laquelle je m'abstiendrai, ici comme dans mes recherches antérieures, de faire cette correction, c'est que je ne saurais indiquer avec précision comment elle devrait être appliquée. D'ailleurs, dans mes mesures, le thermomètre restait habituellement plongé dans le liquide pendant un temps assez long, parce que j'attendais que ses indications fussent devenues stationnaires; de sorte qu'on peut bien admettre que la masse entière du mercure avait pris à peu près la même température. En outre, pour l'usage que j'ai à en faire, je n'ai guère besoin que de déterminations relatives de la température; et enfin, l'erreur qui pourrait résulter, dans ce qui suit, de l'omission de la correction, sera considérablement atténuée par le soin que j'ai eu de me servir du même thermomètre tant pour les mesures de réfraction que pour les déterminations de densités.

Les liquides.

4. Les liquides dont j'aurai à faire connaître les indices de réfraction sont l'eau, les dissolutions aqueuses de quelques sels, l'éther sulfurique et l'essence de térébenthine. Tous ces liquides m'ont été fournis par mon ami M. W. Paul, négociant en produits chimiques à Deventer. L'eau qu'il avait bien voulu distiller pour moi, et dont la pureté avait été constatée, m'a été envoyée dans une bouteille bien bouchée; une partie de la même eau avait été bouillie avec soin, puis renfermée dans un flacon entièrement rempli et fermé hermétiquement: je pouvais donc supposer que cette seconde portion d'eau contenait moins d'air que la première. Les sels, qui furent dissous par M. Paul dans l'eau distillée, provenaient de la fabrique de produits chimiques de M. E. Merck à Darmstadt; l'éther sulfurique et la térébenthine rectifiée avaient été fournis par M. H. J. Deeleman d'Erfurt.

Les seuls sels dont j'ai étudié les dissolutions sont des chlorures, savoir: chlorure d'ammonium, une seule dissolution; chlorure de sodium et chlorure de zinc, de chacun deux dissolutions de force différente; enfin chlorure de calcium, trois dissolutions de richesse progressive. Au moment de la préparation des dissolutions, la proportion de chaque sel n'avait été fixée que d'une manière approximative: on avait réservé à un examen ultérieur le soin de déterminer la proportion exacte, dans le cas où les dissolutions seraient réellement appliquées à des recherches de réfraction.

Détermination des indices de réfraction.

5. Le 14 Août, je commençai la détermination des indices de mes liquides. Je m'adressai d'abord à l'eau distillée; mais je m'aperçus bientôt que, dans mon désir de ne pas laisser échapper un seul jour de pur soleil, je m'étais trop hâté et n'avais pas donné le temps de durcir à la térébenthine de Venise qui maintenait les obturateurs sur le prisme. Dans le cours des observations, une fuite se déclara dans le prisme, et celui-ci s'était vidé à moitié avant que je fusse arrivé à la fin; les obturateurs s'étaient évidemment dérangés de leur position

initiale, comme le calcul des observations vint d'ailleurs le confirmer, et je dus rejeter entièrement mon travail de ce jour.

6. Cet échec me rendit plus prudent. J'observai en outre la précaution de distribuer en deux groupes mes déterminations de l'angle du prisme, ordinairement au nombre de 4 et parfois de 6, et d'en exécuter la moitié avant et la moitié après les mesures de réfraction; de cette manière, j'avais un moyen de contrôle qui m'apprenait si les obturateurs avaient éprouvé un déplacement sensible pendant les observations, et je gardais l'espoir d'obtenir encore un résultat qui pût servir dans le cas où un dérangement viendrait à se produire au milieu de la série.

En mettant, dans deux positions opposées, le plan bissecteur de l'angle réfringent perpendiculairement à la ligne des axes du collimateur et de la lunette, lesquels avaient été placés préalablement dans la même direction, je pus m'assurer si les obturateurs imprimaient une déviation appréciable aux rayons lumineux : des épreuves répétées me démontrèrent que cette influence restait entre les limites des erreurs de mesure et de lecture, et par suite je crus pouvoir me décharger, dans les mesures subséquentes, de l'opération délicate et ennuyeuse du retournement des obturateurs.

Donnons une couple d'exemples des résultats obtenus:

Le 15 Août, le chlorure de calcium I étant soumis aux mesures de réfraction, je trouvai pour l'angle du prisme :

	avant les mesures de réfraction		après les mesures de réfraction
	60° 38′ 6″,3		60° 38′ 18″,9
	6,7		17,8
moyenne	60° 38′ 6″,5		23,4
			23,3
		moyenne	60° 38′ 20″,9

moyenne générale 60° 38′ 13″,7.

Le 17 Août, les mesures de réfraction étant prises sur le chlorure de calcium III, les valeurs suivantes furent obtenues pour l'angle du prisme :

	avant les mesures de réfraction		après les mesures de réfraction
	60° 37′ 50″,4		60° 37′ 54″,2
	69,6		72,0
	77,7		74,8
moyenne	60° 38′ 5″,9	moyenne	60° 38′ 7″,0

moyenne générale 60° 38′ 6″,5.

Dans ces deux cas, comme en général dans tous les autres, les écarts entre les résultats obtenus avant et après les mesures de réfraction n'ont eu aucune importance et m'ont paru tomber entre les limites d'exactitude des observations. Je n'en ai donc tenu aucun compte dans les calculs ultérieurs, et pour chaque liquide j'ai combiné ensemble toutes les valeurs auxquelles m'avait conduit la détermination de l'angle réfringent. Depuis le 15 jusqu'au 26 Août, la térébenthine de Venise employée comme matière adhésive ne fut pas renouvelée, et, pour autant que je sache, il ne fut pas touché aux obturateurs. A ces dates se rapportent les valeurs suivantes de l'angle réfringent:

15 Août	60°	38′	13″,7
16 "			10,3
17 "			6,5
19 "		37	58,0
20 "			44,0
23 "			33,3
24 "			28,1
25 "			25,7
26 "			13,7

Ces chiffres me paraissent indiquer clairement que les obturateurs se sont déplacés peu à peu, de manière à amener dans l'angle réfringent une diminution graduelle s'élevant à une minute au bout de 11 jours. Cette diminution est d'ailleurs si faible, que le changement produit pendant les 4 ou 5 heures qui, en moyenne, étaient nécessaires pour les mesures de réfraction, ne peut avoir eu aucun effet appréciable. Je trouvai aussi, chaque fois, un léger enduit de térébenthine sur la plate-forme centrale, au-dessous d'un des obturateurs: nouvelle preuve que, la térébenthine n'ayant pas pris assez de consistance, un des obturateurs avait pu se déplacer et par suite éprouver un dérangement. Pendant les observations du dernier jour, alors que j'expérimentais sur le chlorure d'ammonium, le prisme commença en effet à laisser suinter le liquide. Cet accident, il est vrai, ne m'empêcha pas de clôre ma série; mais, pour aller plus loin, il fallut bien me résigner à enlever, puis à remettre, une des glaces obturatrices, et dans cette opération l'une aussi bien que l'autre glace a été certainement dérangée de sa position primitive. Parmi les observations suivantes il n'y en a qu'un petit nombre pour lesquels les obturateurs fixés à la térébenthine ont encore servi; elles se rapportent à l'eau, et m'ont donné pour l'angle du prisme:

28 Août	60°	34′	45″,5
29 „		35	2,2

valeurs qui prouvent qu'en replaçant les obturateurs j'avais altéré l'angle primitif. — Dans toutes les mesures postérieures, on n'a plus utilisé la térébenthine pour obtenir l'adhérence des glaces.

7. Toutes les déterminations d'indices de réfraction ont encore été faites d'après la méthode de Newton, c'est-à-dire en amenant chaque raie en particulier dans la position du minimum de déviation.

Aux douze raies dont je me suis servi dans mon Mémoire précédent [1]) j'en ai ajouté une nouvelle, de sorte que le nombre des raies utilisées s'élève maintenant à treize. La nouvelle raie introduite est la raie 43 de mon Tableau général [2]), à laquelle j'ai donné ici, pour l'uniformité, le signe $\overline{\overline{\text{H}}}$. J'ai fait cette adjonction surtout afin d'attribuer, dans l'établissement des formules finales, à la partie la plus réfrangible du spectre une influence plus grande que celle dont elle jouissait auparavant, ce qui était réclamé par le poids considérable qu'apportait dans la balance l'extrémité la moins réfrangible du spectre. Si l'on examine maintenant les valeurs des indices de réfraction, on verra que le milieu du spectre coïncide presque avec la raie *b*, c'est-à-dire que la moyenne des 13 indices est à très peu près égale à l'indice de *b*. — J'ai suivi de nouveau la méthode que j'avais déjà adoptée antérieurement; j'ai parcouru le spectre d'abord de A en H, par exemple, puis immédiatement après je suis revenu de H en A; et chaque fois, après quatre ou cinq mesures de déviations, j'ai intercalé régulièrement une détermination de la température du liquide en notant l'heure; le nombre total des déterminations de températures pour une pareille série complète était ordinairement de huit. L'effet de ce mode de procéder systématique est d'égaliser presque entièrement les températures pour les déviations moyennes des treize raies du spectre. Pour atteindre un plus grand degré d'exactitude, et pour pouvoir apprécier l'influence de la température, immédiatement après avoir achevé la première série j'en exécutais une seconde, sans enlever le prisme de la plate-forme et, par conséquent, en gardant le même liquide dans le prisme, ce qui économisait beaucoup de temps. Une fois tout préparé, les opérations de chaque jour se succédaient donc dans l'ordre suivant: d'abord, deux ou trois déterminations de l'angle réfringent du prisme; puis une série complète de mesures de déviations, de A en H et de H en A, avec les températures correspondantes et en tenant note de l'heure indi-

[1]) *Archives*, I, fasc. 2, p. 74.

[2]) *Archives*, I, fasc. 1, p. 29.

quée par ma montre — première série dont on prenait les moyennes —; ensuite, avec le même liquide, une seconde série complète toute semblable, qui devait donner pour ce liquide les résultats relatifs à une température un peu différente; enfin, de nouveau deux ou trois déterminations de l'angle du prisme De temps en temps on notait aussi la température du local et, simultanément, l'indication de la montre. Lorsque tout marchait bien, l'ensemble des opérations exigeait environ quatre heures pleines, dont trois consacrées aux mesures de déviation. Le moindre contre-temps, tel par exemple qu'un ciel momentanément couvert, occasionnait un retard considérable, et parfois je fus obligé de me tenir pendant huit heures à la disposition de l'instrument, en me débattant sans cesse contre les difficultés. Une seule fois, comme on pourra le voir, pendant que j'expérimentais sur le chlorure de calcium **III**, les circonstances me maîtrisèrent, et je dus abandonner à moitié chemin la seconde série double, qu'il me fallut ainsi recommencer deux jours plus tard. Pour peu qu'on réfléchisse à cette manière d'opérer, on reconnaîtra qu'un semblable travail ne peut guère être exécuté qu'à la campagne: il faut être absolument libre de son temps, régler sa vie d'après les exigences de l'observation, s'enfermer dans son laboratoire et ne se laisser déranger par personne aussi longtemps que le soleil luit. Suivre un pareil régime en ville, et cela pendant six ou huit semaines consécutives, serait à peu près impraticable.

Avec les liquides employés dans les observations actuelles, il était superflu de renouveler le contenu du prisme au beau milieu du travail, c'est-à-dire avant d'attaquer la seconde série complète, pour une température plus haute, ou peut-être plus basse; car le danger d'une absorption de vapeur d'eau atmosphérique, ayant une dilution du liquide pour résultat, était ici beaucoup moins à craindre que dans mes expériences antérieures sur les mélanges d'acide sulfurique et d'eau. Le seul liquide pour lequel cette absorption eût pu avoir une influence appréciable était la dissolution la plus concentrée de chlorure de calcium: or il est arrivé fortuitement qu'on a renouvelé cette dissolution dans le prisme au moment de procéder à la seconde série, celle pour la température supérieure.

8. Après beaucoup de tâtonnements, j'adoptai, le 23 Août, comme règle: d'observer toujours, au moins lorsque la lumière solaire avait toute son intensité, les raies A et *a*, de même que les raies $\overline{H}$ et H, à travers deux fragments superposés de verre bleu de cobalt, épais chacun de 1,3 millim.; B fut observée habituellement à travers une seule lame de ce verre bleu; et quant à C, je me bornai pour l'exa-

miner à l'emploi d'un verre coloré en rouge par l'oxyde de cuivre et d'une épaisseur de 1,5 millim. C'est ainsi qu'on réussira le mieux à observer ces raies difficilement visibles, et à les isoler de la lumière diffuse dans laquelle elles sont comme noyées. Lorsque l'intensité des autres raies, entre C et $\overline{H}$, me semblait trop forte, ou lorsque je ne les voyais pas assez distinctement, j'avais toujours recours à une seule lame de verre bleu. Quelque simple que soit ce moyen, il peut, dans beaucoup de cas, nous aider à retrouver les raies faibles.

9. Le 29 Août je pris congé des dissolutions aqueuses, pour m'occuper de recherches sur les huiles essentielles, dont les résultats sont consignés dans un Mémoire placé à la suite de celui-ci. Je détachai alors les obturateurs du prisme, les nettoyai de la térébenthine qui y adhérait, et les remis à leur place, en les fixant cette fois au moyen de la Colle-forte de DUMOULIN, dont il est fait mention plus au long dans le Mémoire suivant. J'examinai à différentes reprises, par le procédé indiqué au paragraphe 5, si, dans leur nouvelle position, les obturateurs exerçaient quelque influence appréciable sur la déviation des rayons lumineux; mais je trouvai que cette influence pouvait être négligée, sans crainte, en présence des erreurs possibles des observations. Après avoir exécuté les mesures sur l'une des huiles essentielles du Mémoire suivant, et avant d'aborder l'étude de la seconde, je jugeai qu'il me restait un temps suffisant pour entreprendre des recherches sur l'éther sulfurique et sur l'essence de térébenthine, recherches dont les résultats font partie du Mémoire actuel, comme se rapportant à des liquides d'un faible pouvoir dispersif.

10. Dans cette seconde partie de mon travail, l'angle du prisme, cela va sans dire, n'était plus le même que dans la première. Il est intéressant de comparer, par ordre de dates, les différentes valeurs obtenues pour cet angle, afin de voir s'il serait encore survenu quelque changement, soit par dessiccation de la colle, soit par toute autre cause. Je trouvai :

3	Septembre	....	60° 38′ 53″,7
5	〃	....	54,5
9	〃	....	59,2
10	〃	....	59,9
11	〃	....	51,1
12	〃	....	49,4
13	〃	....	47,0
21	〃	....	40,6

Ces résultats montrent que l'angle n'a pas éprouvé de variations comparables à celles qui s'étaient accusées antérieurement, alors que

les obturateurs étaient fixés par l'intermédiaire de la térébenthine de Venise. Chacun de ces résultats est ordinairement la moyenne de quatre déterminations exécutées, moitié avant, moitié après les mesures de réfraction. Par l'accord qu'ils manifestent, lorsque les dates ne sont pas trop éloignées, ils prouvent que mon appareil permet d'atteindre un assez grand degré de précision. On a eu soin de répartir les quatre mesures d'un même jour sur des parties différentes de la circonférence du cercle, afin d'éliminer les erreurs de graduation: méthode qui peut être regardée comme une espèce de répétition. Un effet de température peut encore très bien être caché dans les résultats tels qu'ils se présentent. Ils semblent indiquer que l'angle est parvenu à un maximum vers le 10 Septembre, et qu'il s'est mis à décroître ensuite. Un changement de 20″, au plus, dans un intervalle de 18 jours, n'est certainement pas considérable. Je présume que l'angle aura fini par devenir stationnaire, et que l'année prochaine je trouverai sa valeur constante: j'ai laissé, en effet, les glaces obturatrices fixées sur le prisme.

La densité et la composition des liquides.

11. Aussitôt les mesures de réfraction terminées, mes soins étaient dirigés vers la détermination de la densité du liquide. Pour cette opération, je puisais dans le flacon une nouvelle quantité de liquide, celle qui avait servi aux expériences de réfraction étant simplement jetée. Rien ne m'empêchait d'en agir ainsi, parce que je disposais d'une provision suffisante de chacune des différentes dissolutions, et parce que, dans le cas actuel, il n'y avait guère à craindre d'altération dans la densité et la concentration de ces dissolutions par absorption de vapeur d'eau. Le liquide resté dans le flacon pouvait donc, sans erreur sensible, être regardé comme identique à celui qui avait été employé dans le prisme, d'autant plus que je veillais à prévenir toute introduction de matières étrangères en tenant les bouchons constamment recouverts de cire. Avant de verser le liquide destiné, soit aux expériences de réfraction, soit aux déterminations de densité, je secouais le flacon, afin de favoriser l'homogénéité du contenu; je suis loin toutefois d'affirmer que cette précaution ait été observée invariablement: j'ai conscience au contraire de l'avoir négligée plus d'une fois. La densité obtenue, la portion de liquide qui l'avait fournie était sacrifiée, comme celle qui avait donné les déviations, au moins lorsque l'approvisionnement le permettait.

Quant à la méthode suivie pour la détermination des densités, elle

est exactement conforme à celle que j'avais appliquée dans une occasion antérieure, et que j'ai décrite alors avec détail [1]). Toutes les corrections ont été faites de la même manière que dans le travail rappelé. Chaque pesée a été répétée deux fois, c'est-à-dire que la balance était amenée deux fois, l'une immédiatement après l'autre, à l'état d'équilibre. Avant et après cette pesée double, le thermomètre était plongé dans le liquide et la température annotée. Il me semblait pourtant que la seconde des températures observées devait, au moins en ce qui concerne le liquide (je ne parle pas du corps immergé), se rapprocher plus que la première de la température régnant au moment des pesées; les deux températures étaient toujours plus au moins différentes. Pour donner suite à ma conjecture, et opérer d'une manière tant soit peu rationnelle, je fis entrer l'observation finale, dans le calcul de la température définitive, avec un poids double de celui attribué à l'observation initiale: en d'autres mots, je pris le tiers de la somme formée de *une* fois le nombre de degrés trouvé au commencement plus *deux* fois le nombre observé à la fin. Le thermomètre employé pour ces mesures était le même que celui dont on faisait usage dans les expériences de réfraction, c'est-à-dire le petit instrument qui a été désigné par K. II. B. La connaissance rigoureuse de la température aurait eu une importance spéciale pour des liquides aussi dilatables que l'éther et l'essence de térébenthine, une légère erreur devant avoir ici une influence beaucoup plus grande. Aussi n'oserais-je garantir l'exactitude absolue des résultats relatifs à ces deux liquides. La saison était déjà trop avancée pour que je pusse opérer aux hautes températures auxquelles avaient eu lieu les expériences de réfraction, et c'est ce qui m'a retenu de poursuivre, en multipliant davantage les pesées, une connaissance plus précise des coefficients de dilatation.

12. Par la détermination des densités, mes dissolutions se trouvent suffisamment spécifiées pour qu'il soit facile de les retrouver plus tard. Il n'y a d'exception qu'à l'égard de Zn Cl **I**: dans le flacon qui renfermait cette dissolution je vis apparaître un léger dépôt peu de temps après la réception. Au moment de procéder aux expériences de réfraction, je décantai une partie du liquide clair et la distribuai dans deux flacons plus petits, ou plutôt je versai successivement une certaine quantité de liquide clair du grand flacon dans les petits. Un de ces petits flacons fournit la quantité de liquide nécessaire pour les mesures de réfraction, et plus tard celle qui servit à la détermination chimique

[1]) *Archives*, I, fasc. 2, p. 95.

du titre; l'autre est encore intact et disponible pour un examen ultérieur. Avec le temps il se forma aussi un peu de dépôt dans chacun des deux petits flacons; mais cela n'a pas d'importance, parce que la quantité totale de zinc qui se trouve dans le second flacon était, au moment de l'étude optique, dissoute dans la quantité totale de liquide encore contenue aujourd'hui dans ce même flacon: de sorte que rien n'empêche de déterminer exactement la proportion de zinc qui existait dans le liquide soumis aux observations de réfraction. Le trouble apparu dans cette dissolution a sans doute été l'effet de la formation d'un sel basique, qui, comme on sait, se produit plus facilement dans une dissolution moins concentrée que dans un liquide plus concentré; l'autre dissolution, Zn Cl **II**, ne m'a toutefois rien offert de semblable.

MM. MICHEL et KRAFT [1]) ont traité de la solubilité des sels. M. KOPP [2]) s'en est occupé également, mais son Mémoire n'est pas entre mes mains en ce moment. C'est M. P. KREMERS [3]) toutefois qui, depuis 1855, a voué une attention spéciale à ce sujet; il y est revenu dans de nombreux mémoires, et a cherché des relations entre la solubilité et d'autres grandeurs se rapportant à la composition chimique. D'autres travaux, consacrés à la même question, et qui pourraient me servir également, se trouvent, sans aucun doute, disséminés dans les Journaux et les Traités de Chimie; mais, comme ils ne touchent pas directement le sujet habituel de mes études, je n'en ai pas connaissance, et je saurai gré aux chimistes de profession qui voudront bien me les signaler. M. le Prof. VAN KERCKHOFF m'a indiqué les tables de R. HOFFMANN. [4]). Ici, je m'en tiendrai aux données puisées dans les Mémoires de M. KREMERS, données qui me paraissent trouver une garantie d'exactitude dans l'étendue et la longue durée des recherches de l'auteur, et aux tables de M. HOFFMANN.

Là où ces données ne me suffiront pas, j'aurai recours aux résultats qui m'ont été fournis par M. le Dr. H. IJSSEL DE SCHEPPER, professeur de chimie à l'école secondaire de Deventer, à laquelle a été transférée la partie physique de l'enseignement de l'Athénée. Les seuls liquides

---

[1]) *Annales de chimie et de physique*, 3e série, T. XLI, p. 471, 1854.

[2]) *Ueber die Modification der mittlere Eigenschaft*, Francfort, 1841.

[3]) POGGENDORFF's *Annalen*, T. XCV, p. 110; T. XCVII, p. 1; T. XCIX. Déjà antérieurement M. KREMERS s'était occupé du même sujet; voyez: T. XCI, XCII, XCIII, XCIV. Voyez encore: T. XCVI, XCVIII, C, CI, CIII, CIV, CV, CVI, CIX, CXIV, CXV et CXX.

[4]) R. HOFFMANN, *Sammlung aller wichtigen Tabellen, Zahlen und Formeln für Chemiker*, Berlin 1861.

qui me mettront dans le cas d'utiliser ces résultats sont les dissolutions de chlorure de zinc.

Les deux tables qui suivent sont extraites des Mémoires de M. Kremers. L'auteur a rapporté les densités à celle de l'eau à 19°,5 C. [1]) prise pour unité; en multipliant ses nombres par 0,998318, je les ai réduits à ce qu'ils seraient dans l'hypothèse où l'on adopte comme unité l'eau à 4° C., hypothèse dans laquelle ont été calculés tous mes poids spécifiques.

Voici d'abord la table de M. Kremers pour Na Cl [2]) :

Densité de la dissolution à 19°,5 C.		Na Cl, en centièmes.
Eau à 19°,5 = 1,0000	Eau à 4° = 1,0000	
1,0460	1,04424	6,84
1,0895	1,08767	13,98
1,1303	1,12840	21,26
1,1712	1,16923	29,25
1,2036	1,20168	36,11

La seconde table se rapporte à Ca Cl [3]) :

Densité de la dissolution à 19°,5 C.		Ca Cl, en centièmes.
Eau à 19°,5 = 1,0000	Eau à 4° = 1,0000	
1,0545	1,05273	6,97
1,0954	1,09356	12,58
1,1681	1,16614	23,33
1,2469	1,24480	36,33
1,3234	1,32117	50,67
1,3806	1,37828	62,90

Ces tables renferment tout ce dont j'ai besoin, et même davantage. A l'aide des coefficients de dilation que j'avais trouvés, j'ai ramené mes densités à la température de 19°,5, puis, par la comparaison avec les tables, et en tenant compte des différences secondes, j'en ai déduit les titres de mes dissolutions. Il est à regretter que le même expérimentateur n'ait pu me fournir des déterminations analogues pour Am Cl et Zn Cl; ses observations se sont bornées en général aux sels des alcalis et des terres alcalines.

[1]) Poggendorff's *Annalen*, XCIX, p. 443 *on lit* 17°,5, *mais sans doute par erreur.*

[2]) Poggendorff's *Annalen*, XCV, p. 120.

[3]) Poggendorff's *Annalen*, XCIX, p. 444.

Les tables de M. Hoffmann se rapportent à la température 15° C., tant pour les dissolutions que pour l'eau dont la densité est prise pour unité. Voici une partie de celle pour NH_4Cl ou AmCl, empruntée par l'auteur à Gerlach, et réduite, pour autant qu'elle me sera nécessaire, en prenant pour unité la densité de l'eau à 4° C., ce qui a été exécuté en multipliant les nombres de M. Hoffmann par 0,999125, c'est-à-dire par la densité de l'eau à 15° C. celle à 4° C. étant prise pour unité.

Densité de la dissolution à 15° C.		Richesse en NH_4 Cl en centièmes.
Eau à 15° C = 1,00000	Eau à 4° C = 1,0000	
1,04524		15
1,04805		16
1,05086		17
1,05367	1,05275	18
1,05648	1,05556	19
1,05929	1,05836	20
1,06204		21
1,06479		22
1,06754		23
1,07029		24
1,07304		25

13. J'ai déterminé aussi, toujours d'après la même méthode, les densités de l'éther sulfurique et de l'essence de térébenthine. Quant aux points d'ébullition de ces liquides, qui auraient pu contribuer également à les caractériser, je ne m'en suis pas occupé, parce que, à la campagne, les appareils nécessaires me manquaient; il me sera loisible du reste de revenir sur ce point, car j'ai gardé, dans des flacons bien bouchés à la cire, une quantité suffisante de chacun des deux liquides. La térébenthine dont j'ai fait usage paraît être un peu lourde. J'en ai fait mettre en réserve une quantité relativement considérable, afin que, s'il m'arrive plus tard d'entreprendre de nouvelles recherches sur la même matière, fussent-elles d'une tout autre nature, j'aie à mon service un liquide dont un des éléments au moins, l'indice de réfraction, me soit déjà connu.

Les tables.

14. Je présente maintenant dans les tables *a*—*i* l'ensemble de toutes mes observations: *a*—*f* se rapportent aux résultats de mes mesures de réfraction; *g*—*i* résument les densités, et quelques autres grandeurs sur lesquelles je reviendrai plus loin.

La première table *a* donne dans sa première moitié les résultats relatifs au chlorure d'ammonium. La première colonne contient les noms des raies du spectre; la seconde, les indices de réfraction de la première série, avec les températures correspondantes; la suivante, les résultats de la seconde série, qui succédait immédiatement à la première. Dans ces deux colonnes, on a omis les trois premiers chiffres des indices de réfractions, et on a indiqué par le signe $\not{0}$ ou $\not{9}$ le cas où le dernier des chiffres supprimés doit être augmenté ou diminué d'une unité. La quatrième colonne donne les différences de température des deux séries, ainsi que les différences correspondantes des indices de réfraction en unités de la cinquième décimale. La cinquième colonne, $\frac{1}{2}(A + B)$, renferme les moyennes des résultats de la seconde et de la troisième colonne, moyennes inscrites avec tous leurs chiffres, et réduites préalablement à une même température, celle de 24°,5, à l'aide de la valeur qui se trouve au bas de la colonne précédente. Tous les nombres de la cinquième colonne ont, en outre, été combinés et calculés d'après la formule de CAUCHY $N = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C\,(10)^6}{\lambda^4}$; la sixième et dernière colonne reproduit les écarts restants entre la théorie et l'observation. En tête des colonnes deuxième et troisième, on voit les valeurs de l'angle du prisme qui ont servi à calculer les indices au moyen des déviations; partout dans les Tables *a*—*f* ces deux valeurs sont égales entre elles, parce que, les deux séries de chaque couple ayant succédé l'une à l'autre sans intervalle notable, on a supposé, comme il a été dit plus haut, que l'angle était resté le même pour les deux séries du même couple. Au bas de la table, en regard du signe Σ, on trouve la somme de la colonne des différences et la somme des carrés des écarts restants. Au-dessous, en face du mot *Moyennes*, est inscrite d'abord la variation moyenne de l'indice de réfraction pour 1° C. de température, puis la moyenne générale des 13 indices; cette moyenne générale, à laquelle se rapporte, à proprement parler, la valeur de la variation qui la précède, est très voisine de l'indice qui revient à la raie *b*. Enfin, on trouve encore ici la formule $N = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C\,(10)^6}{\lambda^4}$ avec les valeurs particulières des coefficients calculées pour le liquide.

Les tables relatives aux autres liquides sont toutes constituées de la même manière que *a*. Il n'y a d'exception que pour Ca Cl 46%,38, où l'avant-dernière colonne porte en tête $\frac{1}{5}(2\,A + B + 2\,C)$, à cause du poids moitié moindre de la colonne *B*.

20%,03 H_4NCl . . . . 26 Août.

M.	60° 37′ 13″,7 A.		60° 37′ 13″,7 B.		B. — A.		½ (A + B)		
	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	23°,5	505	25°,5	478	2°,0	27	24°,5	1,36492	+10
a	23,5	604	25,5	574	2,0	30	24,5	1,36589	2
B	23,5	683	25,45	658	1,95	25	24,5	1,36670	— 7
C	23,5	765	25,45	738	1,95	25	24,5	1,36751	6
D	23,5	985	25,45	960	1,95	25	24,5	1,36972	6
E	23,5	265	25,45	237	1,95	28	24,5	1,37251	3
b	23,5	315	25,45	291	1,95	24	24,5	1,37303	1
F	23,5	499	25,45	474	1,95	25	24,5	1,37486	+ 5
$\overline{G}$	23,55	740	25,4	718	1,85	22	24,5	1,37729	4
G	23,5	934	25,4	910	1,9	24	24,5	1,37922	6
$\overline{\overline{H}}$	23,5	016	25,45	989	1,95	27	24,5	1,38002	4
$\overline{H}$	23,5	148	25,5	119	2,0	29	24,5	1,38134	0
H	23,5	302	25,5	278	2,0	24	24,5	1,38290	— 8
Σ					25°,4	333	*Somme des Carrés.* .		392
Moyennes					1°	13,1		1,37353	

$$N = 1,357966 + \frac{418442}{\lambda^2} - \frac{418044(10)^6}{\lambda^4}$$

20%,07 $CaCl$ . . . . 15 Août. **a**

M.	60° 38′ 13″,7 A.		60° 38′ 13″,7 B.		B. — A.		½ (A + B)		
	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	24°,8	898	26°,7	878	1°,9	20	25°,8	1,36887	+13
a	24,8	997	26,7	976	1,9	21	25,8	1,36986	2
B	24,9	076	26,7	058	1,8	18	25,8	1,37067	— 7
C	24,9	165	26,7	139	1,8	26	25,8	1,37152	11
D	24,9	379	26,7	359	1,8	20	25,8	1,37369	8
E	24,9	654	26,7	633	1,8	21	25,8	1,37644	4
b	24,9	706	26,7	683	1,8	23	25,8	1,37695	2
F	24,9	887	26,7	864	1,8	23	25,8	1,37876	+ 4
$\overline{G}$	24,9	125	26,7	099	1,8	26	25,8	1,38112	6
G	24,9	315	26,7	290	1,8	25	25,8	1,38303	6
$\overline{\overline{H}}$	24,9	395	26,7	368	1,8	27	25,8	1,38382	4
$\overline{H}$	24,9	523	26,8	498	1,9	25	25,8	1,38512	2
H	24,9	676	26,8	654	1,9	22	25,8	1,38666	— 5
Σ					23°,6	298	*Somme des Carrés.* .		570
Moyennes					1°	12,6		1,37743	

$$N = 1,361959 + \frac{418857}{\lambda^2} - \frac{485984(10)^6}{\lambda^4}$$

33^{x},07 Ca Cl . . . . . 16 Août.

M.	60° 38′ 10″,3 A.		60° 38′ 10″,3 B.		A. — B.		½ (A + B).		
	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	22°,3	137	23°,65	112	1°,35	25	22°,9	1,39126	+12
a	22,3	240	22,55	236	0,25	4	22,9	1,39230	3
B	22,3	328	22,55	318	0,25	10	22,9	1,39315	— 3
C	22,3	422	23,65	397	1,35	25	22,9	1,39411	11
D	22,3	662	23,65	640	1,35	22	22,9	1,39652	12
E	22,25	963	23,6	939	1,35	24	22,9	1,39951	6
b	22,25	016	23,55	ϕ96	1,30	20	22,9	1,40006	2
F	22,2	217	23,5	196	1,30	21	22,9	1,40206	+ 3
$\bar{G}$	22,15	478	23,45	458	1,30	20	22,9	1,40466	7
G	22,15	693	23,4	669	1,25	24	22,9	1,40679	6
$\bar{\bar{H}}$	22,1	776	23,4	756	1,30	20	22,9	1,40764	7
$\bar{H}$	22,1	920	23,35	903	1,25	17	22,9	1,40908	2
H	22,1	093	23,4	068	1,30	15	22,9	1,41078	— 6
Σ					14°,9	257	*Somme des Carrés*. .		650
Moyennes					1°	17,2		1,41062	

$$N = 1,383758 + \frac{450849}{\lambda^2} - \frac{404117(10)^6}{\lambda^4}$$

46^{x},38 Ca Cl . . . . . 17 Août et 19 Août. b.

M.	60° 38′ 6″,5 A.		60° 38′ 6″,5 B.		60° 37′ 58″,0 C.		C. — A.		⅕ (2 A + B + 2 C)		
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	20°,1	128	20°,8	144	23°,4	068	3°,3	60	21°,5	1,41108	+11
a	20,1	237	20,9	224	23,4	180	3,3	57	21,5	1,41213	6
B	20,1	332	21,0	312	23,4	270	3,3	62	21,5	1,41305	— 3
C	20,1	426	21,0	411	23,4	367	3,3	59	21,5	1,41401	6
D	20,1	687	21,0	668	23,25	624	3,15	63	21,5	1,41659	9
E	20,1	ϕ13	21,0	994	23,2	950	3,1	63	21,5	1,41984	6
b	20,1	075	21,1	057	23,25	011	3,15	64	21,5	1,42047	6
F	20,1	291	21,1	273	23,25	228	3,15	63	21,5	1,42264	1
$\bar{G}$	20,05	579	21,1	559	23,25	514	3,2	65	21,5	1,42550	+ 2
G	20,0	804	21,1	782	23,25	743	3,25	61	21,5	1,42776	8
$\bar{\bar{H}}$	19,95	902	21,0	882	23,25	840	3,3	62	21,5	1,42873	7
$\bar{H}$	19,95	059	21,0	035	23,3	ϕ99	3,35	60	21,5	1,43030	6
H					23,2	195			21,5	1,43227	—10
Σ							38°,8	739	*Somme des Carrés*. .		610
Moyennes							1°	19,0		1,42110	

$$N = 1,403314 + \frac{460681}{\lambda^2} - \frac{88794(10)^6}{\lambda^4}$$

Zn. Cl. Richesse ? . . . . 23 Août.

M.	60° 37′ 33″,3 A.		60° 37′ 33″,3 B.		B. — A.		½ (A + B)		
	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	22°,1	308	24°,8	258	2°,7	50	23°,3	1,36286	+ 8
a	22,1	402	24,8	349	2,7	53	23,3	1,36378	2
B	22,1	480	24,8	427	2,7	53	23,3	1,36456	— 5
C	22,1	562	24,8	505	2,7	57	23,3	1,36536	5
D	21,85	781	24,7	725	2,85	56	23,3	1,36753	8
E	21,85	048	24,75	990	2,9	58	23,3	1,37019	1
b	21,85	094	24,75	042	2,9	52	23,3	1,37068	+ 2
F	21,85	276	24,75	218	2,9	58	23,3	1,37247	4
$\overline{G}$	21,85	511	24,75	451	2,9	60	23,3	1,37481	3
G	21,85	694	24,75	631	2,9	63	23,3	1,37662	7
$\overline{\overline{H}}$	21,85	768	24,75	711	2,9	57	23,3	1,37739	5
$\overline{H}$	21,85	899	24,8	838	2,95	61	23,3	1,37868	— 2
H	21,85	045	24,75	986	2,9	59	23,3	1,38015	9
Σ					36°,9	737	*Somme des Carrés.* .		371
Moyennes					1°	20,0		1,37116	

$$N = 1,356024 + \frac{412264}{\lambda^2} - \frac{523131(10)^6}{\lambda^4}$$

32ˣ,62 Zn. Cl. . . . . 20 Août. o.

M.	60° 37′ 44″,0 A.		60° 37′ 44″,0 B.		B. — A.		½ (A + B)		
	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	24°,85	757	26°,65	716	1°,8	41	25°,8	1,38735	+11
a	24,85	857	26,65	816	1,8	41	25,8	1,38835	5
B	24,9	943	26,7	897	1,8	46	25,8	1,38920	— 2
C	24,95	033	26,7	985	1,75	48	25,8	1,39010	5
D	24,9	276	26,7	229	1,8	47	25,8	1,39253	11
E	24,9	578	26,7	532	1,8	46	25,8	1,39555	8
b	24,8	634	26,7	588	1,9	46	25,8	1,39610	4
F	24,8	834	26,7	789	1,9	45	25,8	1,39810	1
$\overline{G}$	24,75	095	26,75	049	2,0	46	25,8	1,40071	+ 5
G	24,75	302	26,7	256	1,95	46	25,8	1,40277	12
$\overline{\overline{H}}$	24,75	392	26,75	345	2,0	47	25,8	1,40367	9
$\overline{H}$	24,8	540	26,8	489	2,0	51	25,8	1,40514	3
H	24,8	733	26,8	660			25,8	1,40696	—15
Σ					22°,5	550	*Somme des Carrés.* .		861
Moyennes					1°	24,4		1,39666	

$$N = 1,380002 + \frac{439186}{\lambda^2} - \frac{257757(10)^6}{\lambda^4}$$

9ᵏ,32 Na. Cl . . . . . 25 Août.

M.	60° 37′ 25″,7 A. T	N	60° 37′ 25″,7 B. T	N	B. — A. T	N	½ (A + B.) T	N	C.-O.
A	22°,9	310	24°,95	274	2°,05	36	23°,9	1,34292	+10
a	22,9	398	24,95	368	2,05	30	23,9	1,34383	— 1
B	22,85	464	24,95	435	2,1	29	23,9	1,34450	2
C	22,85	547	24,95	516	2,1	31	23,9	1,34532	10
D	22,85	744	25,0	716	2,15	28	23,9	1,34730	8
E	22,9	987	24,95	962	2,05	25	23,9	1,34975	2
b	22,9	033	25,0	005	2,1	28	23,9	1,35020	+ 2
F	22,95	197	25,0	166	2,05	31	23,9	1,35182	6
$\overline{G}$	22,95	407	25,0	379	2,05	28	23,9	1,35394	6
G	22,95	574	25,0	541	2,05	33	23,9	1,35558	9
$\overline{\overline{H}}$	22,95	649	25,0	617	2,05	32	23,9	1,35634	1
$\overline{H}$	22,9	762	25,0	728	2,05	34	23,9	1,35746	— 1
H	22,9	895	25,0	859	2,05	36	23,9	1,35878	8
Σ					26°,9	401	*Somme des Carrés* . .		496
Moyennes					1°	14,9		1,35060	

$$N = 1,336486 + \frac{391772}{\lambda^2} - \frac{652622(10)^6}{\lambda^4}$$

27ᵏ,51 Na. Cl. . . . . 24 Août. d.

M.	60° 37′ 28″,1 A. T	N	60° 37′ 28″,1 B. T	N	B — A. T	N	½ (A + B). T	N	C.-O.
A	22°,25	625	24°,1	581	1°,85	44	23°,2	1,36603	+12
a	22,25	717	24,15	686	1,9	31	23,2	1,36702	1
B	22,3	794	24,15	764	1,85	30	23,2	1,36779	— 3
C	22,3	879	24,15	847	1,85	32	23,2	1,36863	5
D	22,25	102	24,15	073	1,9	29	23,2	1,37088	9
E	22,25	378	24,15	344	1,9	34	23,2	1,37361	0
b	22,25	434	24,15	399	1,9	35	23,2	1,37416	1
F	22,25	617	24,15	584	1,9	33	23,2	1,37600	+ 4
$\overline{G}$	22,25	857	24,15	828	1,9	29	23,2	1,37843	4
G	22,25	047	24,2	019	1,95	28	23,2	1,38033	9
$\overline{\overline{H}}$	22,25	131	24,2	102	1,95	29	23,2	1,38117	7
$\overline{H}$	22,25	267	24,2	233	1,95	34	23,2	1,38250	0
H	22,2	417	24,2	394	2,0	23	23,2	1,38406	— 8
Σ					24°,8	411	*Somme des Carrés* . .		487
Moyennes					1°	16,6		1,37466	

$$N = 1,359117 + \frac{416702}{\lambda^2} - \frac{376689(10)^6}{\lambda^4}$$

EAU DISTILLÉE.

Non bouillie . . . . 28 Août. — Bouillie . . . . 29 Août. — *e.*

M.	60° 34′ 45″,5 A.		60° 34′ 45″,5 B.		B — A.		C = ½ (A + B).		60° 35′ 2″,2 A.		60° 35′ 2″,2 B.		B — A.		D = ½ (A + B).		½ (C + D).		
	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	T	N	C.-O.
A	18°,4	906	20°,15	892	1°,75	14	19°,3	1,32899	19°,35	896	21°,1	881	1°,75	15	20°,2	1,32889	19°,8	1,32893	+13
a	18,4	990	20,15	974	1,75	16	19,3	1,32982	19,35	986	21,15	965	1,8	21	20,2	1,32976	19,8	1,32978	2
B	18,45	058	20,3	038	1,85	20	19,3	1,33049	19,25	046	21,1	030	1,85	16	20,2	1,33038	19,8	1,33043	— 2
C	18,45	130	20,3	108	1,85	22	19,3	1,33120	19,25	123	21,15	102	1,9	21	20,2	1,33113	19,8	1,33116	7
D	18,4	316	20,3	297	1,9	19	19,3	1,33307	19,2	307	21,15	289	1,95	18	20,2	1,33298	19,8	1,33302	9
E	18,4	538	20,3	523	1,9	15	19,3	1,33531	19,2	531	21,15	513	1,95	18	20,2	1,33522	19,8	1,33526	2
b	18,35	582	20,35	565	2,0	17	19,3	1,33574	19,15	576	21,2	556	2,05	20	20,2	1,33566	19,8	1,33569	2
F	18,35	729	20,4	709	2,05	20	19,3	1,33720	19,2	721	21,2	704	2,0	17	20,2	1,33713	19,8	1,33716	+ 3
$\overline{G}$	18,35	920	20,4	902	2,05	18	19,3	1,33912	19,2	909	21,2	894	2,0	15	20,2	1,33902	19,8	1,33906	7
G	18,35	070	20,4	054	2,05	16	19,3	1,34063	19,15	064	21,2	049	2,05	15	20,2	1,34057	19,8	1,34059	6
$\overline{\overline{H}}$	18,35	138	20,4	117	2,05	21	19,3	1,34128	19,15	128	21,2	107	2,05	21	20,2	1,34118	19,8	1,34122	— 1
$\overline{H}$	18,35	239	20,4	223	2,05	16	19,3	1,34232	19,1	231	21,2	209	2,1	22	20,2	1,34220	19,8	1,34225	0
H	18,35	360	20,4	345	2,05	15	19,3	1,34353	19,1	353	21,2	333	2,1	20	20,2	1,34343	19,8	1,34347	9
Σ					25°,3	229							25°,6	239			*Somme des Carrés..*		491
Moyennes					1°	9,0		1,33605					1°	9,3		1,33597	1°=9,2	1,33601	

$$N = 1{,}323002 + \frac{364357}{\lambda^2} - \frac{676506(10)^6}{\lambda^4}$$

Ether sulfurique . . . . 11 Septembre. Térébenthine . . . . 10 Septembre. f.

M.	60°38′51″,1 A.		60°38′51″,1 B.		B — A.		P.	½ (A + B).			60°38′59″,9 A.		60°38′59″,9 B.		B — A.		P.	½ (A + B).		
	T	N	T	N	T	N		T	N	C.-O.	T	N	T	N	T	N		T	N	C.-O.
A	18°,27	022	20°,38	897	2°,11	125	61,2	19°,4	1,34955	+ 3	20°,06	663	21°,49	583	1°,43	80	51,6	20°,7	1,46627	— 4
a	18,31	089	20,39	966	2,08	123	61,4	19,4	1,35024	3	20,03	767	21,47	691	1,44	76	51,7	20,7	1,46732	0
B	18,36	148	20,41	020	2,05	128	61,5	19,4	1,35083	2	19,98	858	21,48	779	1,50	79	51,8	20,7	1,46820	+ 3
C	18,40	214	20,42	087	2,02	127	61,7	19,4	1,35151	— 1	19,94	964	21,47	886	1,53	78	51,9	20,7	1,46925	1
D	18,38	395	20,51	263	2,13	132	61,8	19,4	1,35332	4	19,9	254	21,48	172	1,58	82	52,2	20,7	1,47212	— 1
E	18,38	629	20,53	495	2,15	134	62,1	19,4	1,35565	2	19,9	632	21,48	550	1,58	82	52,5	20,7	1,47590	0
b	18,38	669	20,54	538	2,16	131	62,2	19,4	1,35607	1	19,9	707	21,49	625	1,59	82	52,6	20,7	1,47666	1
F	18,38	827	20,56	694	2,18	133	62,4	19,4	1,35765	+ 1	19,9	967	21,49	888	1,59	79	52,8	20,7	1,47927	+ 2
$\overline{G}$	18,37	037	20,59	902	2,22	135	62,8	19,4	1,35975	0	19,96	317	21,53	239	1,57	78	53,3	20,7	1,48280	2
G	18,39	205	20,59	068	2,20	137	63,0	19,4	1,36142	3	20,04	602	21,53	524	1,49	78	53,5	20,7	1,48567	5
$\overline{\overline{H}}$	18,40	278	20,60	138	2,20	140	63,1	19,4	1,36214	2	20,06	726	21,52	645	1,46	81	53,7	20,7	1,48690	2
$\overline{H}$	18,38	397	20,61	254	2,23	143	63,3	19,4	1,36332	— 2	20,07	930	21,52	848	1,45	82	54,0	20,7	1,48894	— 2
H	18,44	534	20,57	368	2,13	148	63,5	19,4	1,36466	1			21,50	088			54,3	20,7	1,49131	4
Σ					27°,86	1736		*Somme des Carrés..*		63					18°,21	957		*Somme des Carrés..*		85
Moyennes					1°	62,3			1,35662						1°	52,6			1,47661	

$$N = 1,344194 + \frac{310319}{\lambda^2} + \frac{194346(10)^6}{\lambda^4}$$

$$N = 1,458038 + \frac{460329}{\lambda^2} + \frac{1005443(10)^6}{\lambda^4}$$

g.

		λ	$\frac{(10)^9}{\lambda^2}$	$\frac{(10)^{18}}{\lambda^4}$	$\frac{(10)^{25}}{\lambda^6}$	$\frac{(10)^{32}}{\lambda^8}$
A	1α	7633,5	17,16	294,50	50,54	8,67
a	3α	7189,7	19,35	374,24	72,40	14,01
B	4α	6874,8	21,16	447,67	94,72	20,04
C	5	6565,6	23,20	538,15	124,85	28,96
D	$\frac{1}{2}(14\alpha + 14\gamma)$	5895,6	28,77	827,73	238,14	68,51
E	22β	5270,4	36,00	1296,06	466,60	167,47
b	$\frac{1}{2}(26 + 27\beta)$	5172,9	37,37	1396,54	521,91	195,04
F	34	4863,9	42,27	1786,73	755,25	319,24
$\overline{G}$	36β	4583,9	48,65	2366,53	1151,24	560,04
G	40	4311,2	53,80	2894,73	1557,44	837,95
$\overline{\overline{H}}$	43	4228,7	55,92	3127,32	1748,87	978,01
$\overline{H}$	46	4103,8	59,38	3525,78	2093,55	1243,12
H	51α	3971,3	63,41	4020,39	2549,19	1616,35
x			506,44	22896,37	11424,70	6057,41

h.

	Densité.		Richesse.	T.	A.	B.	C.
	T.	N.					
Eau distillée	4°	1,00000		19°,8	1,323002	364357	— 676506
H_4 N Cl.	16°,17	1,05688	20%,03	24,5	1,357966	418442	— 418044
Na Cl. I.	15,23	1,06113	9,32	23,9	1,336486	391772	— 652622
Na Cl. II.	15,47	1,16279	27,51	23,2	1,359117	416702	— 376689
Zn Cl. I.		*inconnue.*	16,26	23,3	1,356024	412264	— 523131
Zn Cl. II.	16,33	1,31214	32,62	25,8	1,380002	439186	— 257757
Ca Cl. I.	16,54	1,14621	20,07	25,8	1,361959	418857	— 485984
Ca Cl. II.	17,19	1,22692	33,07	22,9	1,383758	450849	— 404117
Ca Cl. III.	17,50	1,30057	46,38	21,5	1,403314	460681	— 88794
Ether sulfurique	16,39	0,72281		19,4	1,344194	310319	+ 194346
Essence de térébenthine.	18,12	0,88735		20,7	1,458038	460329	+1005443

DENSITÉS.

1.

	A.		B.		C.		Variation.		Richess.
	T	D	T	D	T	D	T	D	
Solution de Na Cl. I.	14°,34	1,06145							
	14,60	1,06129	14°,47	1,06137			15°,61	32	
	16,75	1,06065			15°,23	1,06113			9^{x},32
〃 〃 Na Cl. II.	14,33	1,16324							
	14,75	1,16333	14,54	1,16329			15,93	54	
	17,32	1,16179			15,47	1,16279			27,51
〃 〃 Am Cl. . .	15,13	1,05707							
	15,42	1,05736	15,27	1,05722			15,72	31	
	17,95	1,05621			16,17	1,05688			20,03
〃 〃 Ca Cl. I. .	13,97	1,14739							
	19,12	1,14503			16,54	1,14621	16,54	45	20,07
〃 〃 Ca Cl. II.	14,53	1,22804							
	19,85	1,22580			17,19	1,22692	17,19	42	33,07
〃 〃 CaCl. III.	14,98	1,30216							
	20,03	1,29897			17,50	1,30057	17,50	63	46,38
〃 〃 Zn Cl. II.	14,67	1,31331							
	15,80	1,31274	15,23	1,31303			16,88	81	
	18,53	1,31037			16,33	1,31214			32,62
Ether sulfurique	14,13	0,72544							
	18,65	0,72017			16,39	0,72281	16,39	117	
Essence de térébenthine.	15,83	0,88931							
	20,43	0,88538			18,12	0,88735	18,12	85	

15. Dans deux des tables on n'a employé pour la raie H qu'une seule observation, qui alors a été réduite, au moyen du coefficient pour la température, à la température de la colonne finale. On en a agi ainsi parce que les observations de H dans les autres séries ont paru trop défectueuses, par défaut de visibilité, pour pouvoir être portées raisonnablement en ligne de compte. Cela a eu lieu pour Ca Cl III (46%,38) et pour la térébenthine. Il est clair que dans ces cas H ne fournit aucune valeur à la colonne des différences. Pour Ca Cl III (46%,38), l'indice moyen qui se trouve au bas de la table est bien encore la moyenne des treize indices différents, et il est aussi encore à la même distance au-dessus de celui de *b;* mais, à la rigueur, il ne correspond plus à la variation pour la température qui figure à côté de lui. Pour le liquide en question la chose est sans importance; pour l'essence de térébenthine, toutefois, on a cru devoir inscrire comme indice moyen, au bas de la table, la moyenne des douze premiers indices, les seuls qui eussent concouru à établir la valeur donnée pour la variation avec la température.

Je m'étais attendu à trouver une différence sensible entre l'indice de l'eau bouillie et celui de l'eau non bouillie. Il s'était déjà écoulé, il est vrai, un temps assez considérable depuis que l'ébullition avait eu lieu: mais l'eau boullie avait été conservée dans un flacon bien rempli et, à mon avis, fermé hermétiquement. Le résultat des mesures vint toutefois tromper mon attente; comme le montre la table *e*, les indices de l'eau bouillie et de l'eau non bouillie s'accordèrent entre les limites des erreurs d'observation. Il faut en conclure, ou bien que la différence entre l'indice de l'eau privée d'air et celui de l'eau tenant de l'air en dissolution est si faible qu'elle ne pouvait être mise en évidence avec mes appareils et par ma méthode d'observation, ou bien que l'eau dont je me suis servi n'était pas suffisamment exempte d'air. Pour le moment, je dois suspendre mon jugement; mais, comme il me reste encore de la même eau, dans des flacons bien bouchés, j'essaierai peut-être, plus tard, de résoudre la question. Mon travail actuel n'aura toutefois pas été perdu: je lui dois deux nouvelles séries de mesures de l'eau, exécutées avec un nouveau prisme et comprenant la raie $\overline{\overline{H}}$, séries dont j'ai pris simplement les moyennes, lesquelles se rapprochent beaucoup de celles trouvées, dans mon Mémoire précédent [1]), pour l'échantillon d'eau qui donna les indices les plus faibles.

16. Pour l'éther sulfurique et la térébenthine, on voit dans les tables

---

[1]) *Archives*, vol. I, fasc. 2, pag. 74.

une nouvelle colonne P, intercalée derrière la colonne des différences relatives à la température. Les mesures effectuées sur les essences d'un grand pouvoir dispersif, dont il est traité dans le Mémoire suivant, m'avaient appris clairement que la variation pour la températnre change avec l'indice de réfraction lui-même, ou, si l'on veut, avec la longueur d'onde; mais mes observations sur l'éther sulfurique et sur la térébenthine étaient en bien trop petit nombre pour accusser suffisamment cet effet, ou pour me permettre d'en déduire directement, avec une exactitude tolérable, la variation pour chaque indice, ainsi qu'il a été fait dans le Mémoire en question. Je souhaitais pourtant de connaître ce changement du coefficient pour la température, et d'en tenir compte dans la réduction des treize indices à une température commune. Pour me tirer d'affaire, tant bien que mal, j'admis : 1° que le coefficient moyen pour la température, tel qu'il est donné dans la table, appartenait à l'indice moyen inscrit à côté de lui; 2° que le pouvoir réfringent, $\frac{n^2-1}{d}$, était, pour chacun des différents indices, une grandeur constante. J'avais alors :

$$\frac{n^2-1}{d} = \mathrm{C} = \text{constante},$$

$$2n\,\delta n = \mathrm{C}\,\delta d = \frac{n^2-1}{d}\,\delta d \qquad \text{et} \qquad \delta n = \frac{n^2-1}{2d.n}\,\delta d,$$

$$\text{d'où } \frac{\delta n}{\delta n'} = \frac{\frac{n^2-1}{2n}}{\frac{n'^2-1}{2n'}},$$

expression qui donnait δn pour un indice quelconque n, en supposant connu $\delta n'$ pour un indice moyen n'. C'est à l'aide de cette formule, et en partant des valeurs de la variation et de l'indice qui se trouvent au bas de la table, que j'ai calculé les valeurs de la variation avec la température qu'on voit dans la colonne P, et dont j'ai fait usage ensuite pour la réduction à la température commune de la colonne finale.

Un examen ultérieur et la comparaison avec les variations pour la température données, pour les divers indices, par les deux essences du Mémoire suivant, pourront apprendre jusqu'à quel point mes hypothèses sont conformes à la vérité.

17. Toutes les valeurs d'indices trouvées pour les liquides dont s'occupe le présent Mémoire, ont été ramenées à une température commune,

celle de 20° C. Les résultats de cette réduction sont représentés graphiquement Pl. I fig. 1. Les abscisses sont relatives aux longueurs d'onde des rayons; elles sont prises de manière que la longueur d'onde de A coïncide avec l'origine, et que les différences entre cette longueur et celles des raies suivantes — différences négatives, à proprement parler, — sont portées sur l'axe des abscisses après avoir été réduites de telle sorte que la différence des longueurs d'onde de A et de H soit représentée exactement par 150 millimètres. Les ordonnées correspondent aux indices des liquides indiqués en marge; l'ordonnée de la raie A, pour l'eau, est prise égale à 10 millim., simplement pour ne pas avoir besoin de partir de l'origine; la différence entre cet indice de A et celui de H pour la térébenthine, le plus grand dont il y ait à tenir compte, est figurée par 400 millim., afin de donner au tracé des dimensions convenables, et toutes les différences entre les indices intermédiaires et celui de A pour l'eau sont réduites dans la même proportion. La figure ainsi construite montre fidèlement la marche des indices pour un même liquide, et elle rend aussi facile la comparaison des indices de dissolutions qui renferment une même substance mais en proportions différentes. Par les treize points obtenus pour chaque liquide on a fait passer des courbes, ou plutôt ces points ont été réunis deux à deux par des lignes droites; on voit comment toutes ces courbes, sans exception, tournent leur convexité, — dont le degré varie d'ailleurs de l'une à l'autre, — vers l'axe des abscisses: elles sont la représentation graphique des formules paraboliques qu'on trouve au bas des tables.

18. Tout ce qui concerne les tables principales se trouvant suffisamment éclairci par ce qui précède, spécialement par ce qui se rapporte à la table *a*, il ne me reste plus qu'à donner quelques mots d'explication au sujet des tables auxilaires *g* — *i*.

La table *g* donne les numéros que portent les treize raies dans ma liste générale [1]); ensuite les longueurs d'onde λ qui leur appartiennent; enfin les valeurs de $\frac{(10)^{9}}{\lambda^{2}}$, $\frac{(10)^{18}}{\lambda^{4}}$, $\frac{(10)^{25}}{\lambda^{6}}$ et $\frac{(10)^{32}}{\lambda^{8}}$, avec les sommes de ces grandeurs au bas de chaque colonne. Je consigne ici ces nombres, dont j'ai à faire un usage continuel dans les calculs, non-seulement pour ma commodité personnelle, mais aussi pour celle des personnes qui voudraient se servir de mes résultats ou contrôler l'exactitude de mes calculs.

---

[1]) *Archives*, I, fasc. 1, p. 4.

La table *h* résume pour les divers liquides: les densités trouvées, avec les températures correspondantes; les richesses calculées, et les valeurs des coefficients de la formule $N = A + \frac{B}{\lambda^2} + \frac{C}{\lambda^4}$, calculées pour les températures des colonnes finales.

La table *i*, enfin, est consacrée aux densités trouvées originellement. La colonne A donne les résultats directs des déterminations jusqu'à la cinquième décimale, avec les températures correspondantes; la cinquième colonne, qui porte en tête le mot *Variation*, fait connaître, en unités de la cinquième décimale, le changement de densité pour 1° C; la colonne B contient quelques moyennes de la colonne A, prises surtout en vue du calcul de cette variation pour la température; la colonne C donne, avec les températures correspondantes, les densités moyennes déduites de toutes les observations directes inscrites en A; ces densités moyennes ont servi à fixer, autant que possible, la composition des dissolutions, soit d'après les tableaux de MM. Kremers et Hoffmann soit, pour le chlorure de zinc, d'après les quantités trouvées dans un centimètre cube de la dissolution; la composition ainsi déterminée figure dans la colonne finale de la table, sous le titre *Richesse*.

Discussion.

19 Voyons maintenant ce que peuvent nous apprendre les observations qui précèdent. Dans cette nouvelle recherche, nous devons nous laisser guider surtout, et en premier lieu, par les formules qui résument et représentent les observations.

Or, ce qui nous frappe d'abord, c'est que *toutes* les dissolutions salines aqueuses que nous avons étudiées donnent un coefficient négatif pour le troisième terme de la formule. Mes sels ont été empruntés, à dessein, à la liste de M. Baden Powell; si donc, en faisant usage des indices de cette liste, j'ai trouvé précédemment [1]) une valeur positive pour le coefficient en question, cela prouve seulement que des indices à 4 décimales, tels que ceux du savant cité, sont incapables de dévoiler la vraie nature du signe de ce troisième terme. L'un des buts es-

---

[1]) *Archives*, T. I, fasc. 2, p. 108.

sentiels du présent travail se trouve ainsi atteint; en dépit de la légère incertitude qui affecte le titre de nos dissolutions du chlorure de zinc, je crois avoir établi que, non-seulement pour l'eau, mais aussi pour les dissolutions aqueuses de tous les sels examinés, le coefficient du troisième terme, bien que toujours petit, et d'autant plus petit que les dissolutions sont plus concentrées, est constamment négatif. Ce signe est donc dû à l'eau, et il est caractéristique de ce liquide: partout, jusqu'à présent, où l'eau fait fonction de dissolvant, elle entraîne la nature négative du signe; mais son influence diminue et s'efface à mesure que le titre de la dissolution s'élève. Partout aussi nous retrouvons, pour les raies C et D, le même écart relativement considérable entre la formule et l'observation, écart qui est presque aussi caractéristique pour l'eau que la nature négative du signe. La dissolution de chlorure de sodium NaCl **I** est la seule pour laquelle le troisième terme de la formule semble prendre une valeur négative assez forte, voisine même de celle qui appartient à l'eau; mais, en même temps, nous trouvons ici un écart plus prononcé pour la raie C: or, en supposant, par exemple, dans l'observation une erreur de cinq unités de la cinquième décimale -- erreur qu'il serait déjà difficile de constater — cela suffirait pour déprimer très notablement la valeur de ce coefficient négatif. Provisoirement, il n'y a donc aucune conclusion à tirer de ce cas isolé.

20. Un contraste parfait avec ces dissolutions salines nous est offert par l'éther et la térébenthine. L'éther, dont les indices de réfraction ne sont pas beaucoup plus grands que ceux de l'eau, possède déjà un troisième terme d'une valeur positive assez forte. Il serait intéressant de pouvoir comparer mes résultats avec ceux d'autres observateurs; mais je n'ai pu découvrir pour l'éther d'autres données que celles de MM. Dale et Gladstone, qui ne vont que jusqu'à la quatrième décimale et n'embrassent que huit points du spectre.

La térébenthine se présente avec un troisième terme positif considérable, formé de sept chiffres et faisant déjà songer aux substances à pouvoir dispersif plus énergique; tandis que la dissolution CaCl **III**, qui s'en rapproche le plus, possède un troisième terme, déjà petit, il est vrai, mais toujours négatif.

Si nous faisons attention à la somme des carrés des écarts restants, — en laissant de côté ZnCl **II**, où la grande densité du sel a pu accidentellement causer un mélange imparfait du liquide, — nous voyons comment, pour toutes les autres dissolutions salines, et même pour l'eau, dont les résultats reposent pourtant sur un nombre d'observations

double, cette somme reste toujours très grande; comment elle oscille, et comment, pour l'éther et la térébenthine, elle tombe à 63 et 85, c'est-à-dire à un sixième de sa valeur pour l'eau.

S'il m'était permis d'apporter quelque argument en faveur de l'exactitude de mes observations, j'insisterais précisément sur cette faible valeur de la somme des carrés pour l'éther et la térébenthine. L'exagération de cette même somme pour les autres liquides prouve donc bien dûment, à mon avis, que ces écarts entre l'observation et la formule tiennent à la nature des choses.

Encore une remarque: le troisième terme est déjà devenu si petit pour Ca Cl **III**, que l'idée se présente naturellement qu'on puisse former une dissolution, spécialement une dissolution de chlorure de calcium, où il aurait disparu complétement, c'est-à-dire où la formule ne se composerait plus que de deux termes. La table de M. Kremers, qui renferme une dissolution à 62%,90 de sel, vient à l'appui de cette présomption.

21. Etudions maintenant les coefficients à un autre point de vue; on les trouve résumés dans la table h, colonnes A, B et C. Dans aucune des dissolutions le coefficient A ne descend à la valeur qu'il a dans l'eau. Les coefficients B et C, aussi longtemps que C demeure négatif, dépendent l'un de l'autre, en ce sens qu'une augmentation arbitraire de C entraîne une augmentation correspondante de B; il est permis de penser qu'on finira par trouver une relation théorique intime entre les valeurs des coefficients B et C, relation que la formule de MM. Christoffel et Briot a déjà essayé d'exprimer en partie, mais qui sera certainement différente de celle indiquée dans cette formule. L'éther sulfurique, comparé à l'eau, a le second terme plus petit, et il en est de même du troisième, à l'inversion du signe près; tandis que la première constante est plus grande que dans l'eau, et contribue par conséquent pour une plus forte part à la valeur de tous les indices. Pour ces formules de l'éther et de la térébenthine, avec leur troisième terme de nature positive, il serait sans doute rationnel de les comparer avec l'autre formule que j'ai citée tout à l'heure, afin de voir si la relation entre B et C ne pouvrait se déduire de cette comparaison.

Il nous reste encore un moyen de contrôler nos observations à l'aide des formules, au moins en ce qui concerne les trois dissolutions de chlorure de calcium. Ce moyen est toutefois d'une tout autre nature que celui qui résulte de la considération de la marche des coefficients B et C: nous pouvons en effet, en admettant que les proportions de Ca Cl trouvées par le calcul soient exactes, calculer pour chacune des treize raies

la formule qui détermine l'indice en fonction du titre de la dissolution. J'ai obtenu ainsi :

Raie	A	$n = 1{,}32957$	$+ \; 0{,}0021468\,p$	$- \; 0{,}000008524\,p^2$
"	a	$n = 1{,}33040$	$+ \; 0{,}0021569\,p$	$- \; 0{,}000008642\,p^2$
"	B	$n = 1{,}33121$	$+ \; 0{,}0021556\,p$	$- \; 0{,}000008559\,p^2$
"	C	$n = 1{,}33168$	$+ \; 0{,}0021811\,p$	$- \; 0{,}000008881\,p^2$
"	D	$n = 1{,}33333$	$+ \; 0{,}0022111\,p$	$- \; 0{,}000009097\,p^2$
"	E	$n = 1{,}33576$	$+ \; 0{,}0022274\,p$	$- \; 0{,}000009056\,p^2$
"	b	$n = 1{,}33626$	$+ \; 0{,}0022245\,p$	$- \; 0{,}000008945\,p^2$
"	F	$n = 1{,}33773$	$+ \; 0{,}0022429\,p$	$- \; 0{,}000009015\,p^2$
"	$\overline{\mathrm{G}}$	$n = 1{,}33974$	$+ \; 0{,}0022592\,p$	$- \; 0{,}000008974\,p^2$
"	G	$n = 1{,}34113$	$+ \; 0{,}0022905\,p$	$- \; 0{,}000009246\,p^2$
"	$\overline{\overline{\mathrm{H}}}$	$n = 1{,}34194$	$+ \; 0{,}0022863\,p$	$- \; 0{,}000009079\,p^2$
"	$\overline{\mathrm{H}}$	$n = 1{,}34300$	$+ \; 0{,}0022991\,p$	$- \; 0{,}000009117\,p^2$
"	H	$n = 1{,}34449$	$+ \; 0{,}0022953\,p$	$- \; 0{,}000008814\,p^2$

Ces formules se rapportent à la température de 23° C, pour laquelle les indices ont été réduits; p exprime les poids de Ca Cl, en centièmes, tels qu'ils ont été donnés plus haut.

Si les formules représentaient exactement les phénomènes, il semblerait, au moins au premier abord, que les premiers termes dussent être les indices de l'eau pour 23° C.; si l'on fait la comparaison, on trouve toutefois que les premiers termes dépassent les indices de l'eau, que la différence s'élève à plus de 0,00100, et qu'elle atteint sa plus petite valeur dans D où elle n'est plus que de 0,00059. Je ne découvre dans ces écarts aucune marche régulière bien accusée: seulement, ils paraissent augmenter vers l'extrémité la plus réfrangible du spectre.

Les maxima des équations précédentes s'obtiendront en divisant le coefficient du second terme par le double du coefficient du troisième terme; or, on peut se demander si les maxima ainsi obtenus pour p coïncideront avec la valeur 100%? En effectuant le calcul, j'ai trouvé pour le maximum les treize valeurs suivantes, rangées selon l'ordre des équations :
126, 125, 126, 123, 122, 123, 125, 124, 126, 124, 126, 126 et 130.

On voit que tous ces maxima, sans exception, donnent plus de 20% de trop; on remarque en outre dans ces chiffres, — même en négligeant le dernier résultat, 130 pour H, lequel paraît être un peu trop fort, — une espèce de minimum situé vers D et E. L'excédant notable que présentent les maxima, et la valeur trop forte des premiers termes comparativement aux indices correspondants de l'eau, semblent dépen-

dre, l'un et l'autre, d'une contraction éprouvée par le liquide au moment du mélange, à moins qu'on ne veuille admettre des erreurs dans les titres qui ont servi de base aux formules, erreurs dont je n'ai personnellement aucun motif de soupçonner l'existence.

Les coefficients du second terme paraissent croître depuis A jusqu'à H; un accroissement analogue se montre, mais d'une manière beaucoup moins nette, dans les coefficients du troisième terme. Les irrégularités qui se manifestent dans la marche de ces coefficients pourraient être regardées comme fournissant un moyen d'appréciation de l'ensemble de mes mesures et de mes pesées, moyen peut-être encore plus exact et plus sûr que celui qu'on a emprunté aux carrés des écarts restants des indices de réfraction.

Pour $NaCl$, dont je n'avais étudié que deux dissolutions, j'ai calculé, pour 23°,5 C et en admettant que le premier terme fût égal à l'indice de l'eau, la formule relative à la raie D; j'ai trouvé:

$$n = 1,33273 + 0,0016680p - 0,000010543p^2.$$

Il n'y a toutefois pas grand' chose à tirer de ce résultat isolé. Si l'on voulait pousser l'examen plus loin, il faudrait, en premier lieu, l'étendre à un plus grand nombre de dissolutions de $NaCl$, et ensuite étudier les Mémoires de M. Kremers, pour tâcher de pénétrer plus avant dans la connaissance de la contraction et de la solubilité. Peut-être y aurait-il au bout de cet examen toute une série de nouvelles vérités et de nouveaux rapports, dont nous ne soupçonnons pas même la nature.

22. Les dissolutions de $ZnCl$ et de $AmCl$ ne peuvent donner lieu ici à aucune discussion, parce qu'elles sont en trop petit nombre et que le titre des deux premières demande à être revisé. On voudra bien ne pas oublier que les recherches actuelles ont été entreprises essentiellement dans le but d'arriver à une décision au sujet du signe du troisième terme de la formule de Cauchy. Mais il me reste de tous les liquides une provision suffisante; et si je jugeais utile, plus tard, de chercher également pour les autres dissolutions nommées plus haut le rapport entre l'indice de réfraction et le titre centésimal, il serait facile de reprendre les recherches au point où je les ai laissées.

Les résultats obtenus pour l'éther sulfurique et l'essence de térébenthine, surtout ceux relatifs à l'éther, qui offre plus de constance dans son degré de pureté, pourront être utilisés peut-être pour dévoiler le lien qui unit l'indice de réfraction à la composition chimique, en

rapport avec les belles recherches MM. SCHRAUF [1]) LANDOLT [2]) et MONTIGNY [3]).

23. Si l'on demandait quel genre d'intérêt s'attache aux résultats que j'ai poursuivis, et jusqu'à quel point leur signification est proportionnée au temps et au travail qu'ils m'ont couté, je répondrais simplement: par chacun de ces résultats, sans distinction, j'ai tâché de poser un jalon sur la voie difficile et souvent accidentée qui doit conduire la théorie à la connaissance exacte de la propagation de la lumière à travers les milieux transparents ordinaires, c'est-à-dire à travers les milieux amorphes ou isotropes. On s'est déjà arrêté trop longtemps à l'étude expérimentale du cas exceptionnel, à la réfraction et à la réflexion dans les milieux cristallisés. Etudions enfin, sérieusement, le phénomène normal, la réflexion et la réfraction produites par des substances amorphes et isotropes de composition connue. Déjà, MM. DE SÉNARMONT et JAMIN nous ont fait faire un pas important sur le terrain de la réflexion. Continuons à observer patiemment, en nous bornant au simple fait de la réfraction, et écartant provisoirement l'influence de la température et de tous les autres agents modificateurs; de cette manière, nous aurons au moins des résultats auxquels le raisonnement pourra être appliqué avec confiance, et nous ne tarderons pas à saisir, comme récompense de nos efforts, quelque aspect nouveau de la vérité. Il va sans dire que tout en ne voulant d'abord tenir aucun compte de la température, il n'en faudra pas moins recueillir avec soin les données thermométriques: une fois le fait principal atteint, une étude ultérieure mettra alors facilement au jour l'effet de la chaleur et de la densité, ces deux facteurs les plus simples, paraît-il, du problème.

24. J'ai rapporté dans ce qui précède tout ce qui peut faciliter la critique de mes résultats. Il y a un point toutefois que je veux encore mentionner, bien que ce ne soit peut-être pas ici l'endroit le plus convenable pour en parler. Pendant que je prenais les dispositions préparatoires nécessaires pour les recherches de polarisation par diffraction auxquelles j'avais voulu d'abord me livrer, un des fils d'araignée verticaux du réticule de la lunette se rompit, par je ne sais quel accident. Je ne me suis pas donné le temps, durant tout l'été, de replacer un nouveau fil, de sorte que toutes les observations du présent Fascicule ont été faites à l'aide d'un seul fil vertical, c'est-à-dire en amenant

[1]) POGGENDORFF'S *Annalen*, CXVI, p. 193 et sqq. *Berichte der Wiener Academie*, LII, 2 p. 176. 1866.

[2]) POGGENDORFF'S *Annalen*, CXVII, p. 353.

[3]) *Mémoires de l'Académie royale de Belgique*, 1867.

sous ce fil la raie du spectre ou, dans d'autres mesures, l'image réfléchie du fil lui-même. Toutefois, comme les résultats relatifs à la déflexion des rayons dans la réfraction, et tous les autres indistinctement, sont la moyenne de deux opérations de pointé et de lecture, j'en ai profité pour éliminer autant que possible l'erreur de pointé résultant de l'épaisseur du fil; pour cela, lorsque j'amenais, à l'aide de la vis micrométrique du cercle horizontal, la raie du spectre sous le fil, je la faisais mouvoir par exemple de gauche à droite dans l'un des deux pointés qui devaient me fournir la moyenne, tandis que dans l'autre je la faisais avancer de droite à gauche.

Les mesures autres que celles de déflexion, auxquelles j'ai fait allusion tout à l'heure, sont celles qui concernent la détermination des angles des prismes. Pour ces mesures j'ai renoncé tout à fait à l'emploi de l'image réfléchie de la fente. Tous les angles, sans exception, ont été déterminés à l'aide de l'image du fil réfléchie par les faces latérales du prisme, c'est-à-dire en plaçant ces faces perpendiculairement à l'axe optique de la lunette.

On trouve dans les tables des centièmes de degré dans les températures. On comprendra bien qu'ils sont le résultat de l'interpolation et non de la lecture directe d'un thermomètre, qui ne donne que les cinquièmes parties.

Exemple de Calcul.

J'écris, non des Mémoires proprement dits, mais des Archives, qui devront offrir successivement le tableau, aussi fidèle que possible, de tout ce qu'il me sera donné d'exécuter pour le Musée Teyler. C'est pour cela que, dans l'exposition des méthodes expérimentales et dans la description des observations, je me permets souvent des détails qui peuvent sembler minutieux; c'est pour cela aussi, qu'il m'arrive d'intercaler des séries de nombres qui ne sont pas directement indispensables à l'intelligence du sujet traité.

Le même motif m'engage à consigner ici un exemple du calcul par lequel j'ai lié les observations à la formule de CAUCHY; je choisis pour cela l'éther sulfurique.

Soit: $$N = A + \frac{(10)^8}{\lambda^2} B + \frac{(10)^{16}}{\lambda^4} C.$$

A l'aide de la table *g* j'ai,

$$
\begin{array}{ll}
\text{pour } 19^{\circ},4\,\text{C. A} \ldots 1,34955 = A + 17,16\ B + \ \ 2,95\ C \\
\text{E} \ldots 1,35565 = A + 36,00\ B + 12,96\ C \\
\overline{\text{H}} \ldots 1,36332 = A + 59,38\ B + 35,26\ C
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{l}
0,00610 = 18,84\ B + 10,01\ C \\
0,00767 = 23,38\ B + 22,30\ C
\end{array}
$$

$$
\begin{array}{l}
0,1426180 = (23,38) \times (18,84)\ B + 234,0338\ C \\
0,1445028 = (23,38) \times (18,84)\ B + 420,1320\ C \\
\hline
0,0018848 = -\ 186,0982\ C.
\end{array}
$$

Un petit changement dans la valeur des coefficients de B et de C, donne un changement relativement grand dans ce résultat final. Je m'aperçois maintenant que j'avais commis antérieurement une légère erreur de calcul, en prenant dans la deuxième formule, pour les coefficients de B et C pour la raie E, les nombres 35,97 et 12,94, au lieu des valeurs véritables 36,00 et 12,96. Avec cette erreur, j'avais trouvé:

$$0,0014717 = 175,9733\ C,$$

par conséquent: $C = 0,0000083632 = \frac{83632}{(10)^{10}}$;

valeur, avec laquelle on obtiendrait d'après la nouvelle formule:

$$0,00610 = 18,84\ B + 0,000083715632.$$

Mais nous continuerons le calcul, de préférence, avec l'ancienne formule à coefficients un peu fautifs, et nous aurons:

$$0,00610 = 18,81\ B + 0,000083548368,$$

$$18,81\ B = 0,006016451632,$$

$$B = 0,000319854 = \frac{319854}{(10)^9}.$$

Ce résultat, substitué dans la première des formules primitives, donne:

$$1,34955 = A + 0,0054887 + 0,0000247$$

$$A = 1,344037.$$

Ainsi, formule provisoire:

$$N = 1,344037 + \frac{319854}{\lambda^2} + \frac{83632(10)^6}{\lambda^4}.$$

Calcul des indices d'après cette formule.		I. C. - O.	II. C. - O.
A_n =	1,349551	+ 0,1	− 1,8
a	1,350256	1,6	0,3
B	1,350842	1,2	0,7
C	1,351502	− 0,8	2,7
D	1,353308	1,2	3,1
E	1,355651	+ 0,1	1,8
b	1,356107	3,7	+ 1,8
F	1,357706	5,6	3,7
$\overline{G}$	1,359795	4,5	2,6
G	1,361488	6,8	3,9
$\overline{\overline{H}}$	1,362186	4,6	2,7
$\overline{H}$	1,363324	0,4	− 1,5
H	1,364654	0,6	2,5
	$\frac{25,4}{13} = 1,9$	+ 28,0	+ 14,7
		− 2,6	− 14,4
	Σ	+ 25,4	+ 0,3

A cause de la valeur positive de la somme des écarts de la première colonne C. - O., j'ai diminué le premier terme de l'équation de 19; les écarts prennent alors les valeurs rapportées dans la colonne II. C - O.

La formule devient par suite:

$$N = 1,344018 + \frac{319854}{\lambda^2} + \frac{83632(10)^6}{\lambda^4}.$$

Si nous nous bornons maintenant aux unités de la cinquième décimale, et que nous nommions ε les fautes ou écarts, nous trouvons $\Sigma\,\varepsilon = o$, $\Sigma\,\frac{(10)^8}{\lambda^2}\,\varepsilon = 0,00293$, et $\Sigma\,\frac{(10)^{16}}{\lambda^4}\,\varepsilon = 0,00176$; pour obtenir les valeurs des coefficients A, B et C, qui doivent rendre la somme des carrés des écarts un minimum, nous aurons donc d'après les règles du calcul des probabilités (voyez table g) le système suivant d'équations, dans lequel nous substituerons, pour abréger, A, B et C à ΔA, ΔB et ΔC:

$$
\begin{aligned}
0 &= 13\ A + 506\ B + 229\ C \\
-0{,}00293 &= 506\ A + 22896\ B + 11425\ C \\
-0{,}00176 &= 229\ A + 11425\ B + 6057\ C
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
0 &= 13 \times 506\ A + 256036\ B + 115874\ C \\
-0{,}03809 &= 13 \times 506\ A + 297648\ B + 148525\ C \\
\hline
-0{,}03809 &= 41612\ B + 32651\ C \qquad (a).
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
0 &= 13 \times 229\ A + 115874\ B + 52441\ C \\
-0{,}02288 &= 13 \times 229\ A + 148525\ B + 78741\ C \\
\hline
-0{,}02288 &= + 32651\ B + 26300\ C \qquad (b).
\end{aligned}
$$

De (*a*) et (*b*) on tire :

$$
\begin{aligned}
-1243{,}67659 &= 41612 \times 32651\ B + 1066087801\ C \\
-1051{,}98256 &= 41612 \times 32651\ B + 1094395600\ C \\
\hline
+191{,}69403 &= 28307799\ C
\end{aligned}
$$

$$C = + 0{,}0000067729 = + \frac{67729}{(10)^{10}}.$$

Substituant dans (*a*), on trouve :

$$
\begin{aligned}
-0{,}03809 &= 41612\ B + 0{,}2211419579 \\
\hline
41612\ B &= 0{,}2592319579
\end{aligned}
$$

$$B = 0{,}000006230 = - \frac{6230}{(10)^9};$$

substituant enfin dans la première équation initiale :

$$
\begin{aligned}
0 &= 13\ A - 0{,}003152380 + 0{,}0015509941 \\
\hline
13\ A &= + 0{,}0016013859 \\
\hline
A &= + 0{,}000123.
\end{aligned}
$$

Nous trouvons donc pour les valeurs corrigées et définitives de A, B et C :

1,344018	319854	83632
+ 123	— 6230	+67729
1,344141	313624	151361

et, par suite, pour la formule corrigée :

$$N = 1{,}344141 + \frac{313624}{\lambda^2} + \frac{151361(10)^6}{\lambda^4}.$$

D'un premier calcul, dans lequel une erreur paraît s'être glissée résultait une autre formule, qui était la suivante:

$$N = 1{,}344194 + \frac{310319}{\lambda^2} + \frac{194346(10)^6}{\lambda^4}.$$

On déduit par le calcul:

	Nouvelle formule.	C.-O.	Ancienne formule.	C.-O.
A_n =	1,349567	+ 1,7	1,349576	+ 2,6
a_n	1,350265	2,5	1,350270	3,0
B_n	1,350845	1,5	1,350847	1,7
C_n	1,351498	— 1,2	1,351498	— 1,2
D_n	1,353289	3,1	1,353283	3,7
E_n	1,355619	3,1	1,355635	1,5
b_n	1,356072	+ 0,2	1,356062	0,8
F_n	1,357668	1,8	1,357658	+ 0,8
$\bar{G}_n$	1,369756	0,6	1,359750	0
G_n	1,361453	3,3	1,361453	3,3
$\bar{\bar{H}}_n$	1,362152	1,2	1,362156	1,6
$\bar{H}_n$	1,363297	— 2,3	1,363305	— 1,5
H_n	1,364636	2,4	1,364651	0,9
		+ 12,8	*Somme des Carrés* . . .	63
		— 12,1		
		Σ + 0,7		

La somme des carrés pour la nouvelle formule est 59, valeur encore plus faible que celle (63), qui a été donnée antérieurement dans le texte.

A l'ancienne formule on pourra maintenant, si l'on veut, substituer celle qui vient d'être obtenue en dernier lieu et qui s'adapte encore mieux aux observations. On voit, en tout cas, de quelle exactitude est susceptible le calcul de l'éther sulfurique, avec son troisième coefficient de signe positif et de valeur médiocre.

HARLEM, 27 Décembre 1867.

SUR LA

RÉFRACTION ET LA DISPERSION

DU

FLINT-GLASS,

DE L'ESSENCE DE CANNELLE ET DE L'ESSENCE D'ANIS,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. Pour éliminer dans le spectromètre de MEYERSTEIN, et dans tous les instruments analogues, l'erreur qui résulterait de la position excentrique du prisme par rapport au limbe divisé, la lunette d'observation et le collimateur doivent tous les deux être pointés à l'infini; la fente du collimateur, d'un côté, et le réticule de la lunette d'observation, de l'autre, doivent être situés respectivement aux foyers principaux de leurs objectifs.

Lorsqu'une fois le réticule de la lunette d'observation, c'est-à-dire le foyer principal de son oculaire, est placé convenablement, la mise au point de la fente du collimateur ne demande plus un travail spécial, puisqu'il suffit alors de la faire avancer ou reculer jusqu'à ce que, à travers les deux objectifs, elle soit vue distinctement et nettement par l'oculaire déjà ajusté.

Mais, pour donner exactement au réticule la position qu'il doit occuper dans la lunette, il est nécessaire de diriger celle-ci sur un objet éloigné à une distance infinie; or, de jour, on aura souvent de la peine à trouver un pareil objet, et l'opération exigera ordinairement qu'on enlève la lunette de dessus les collets qui la supportent.

Lorsque le réticule se trouve au foyer principal de la lunette, et qu'il se réfléchit, à travers l'objectif, sur une surface rigoureuse-

ment plane [1]), son image viendra se former exactement et sera vue avec netteté à ce même foyer principal. Si donc on possède une surface réfléchissante parfaitement plane — les faces latérales des prismes de MERZ approchent très près de la réalisation de cette condition, d'après les recherches du professeur KAISER, — et si la lunette est pourvue d'un oculaire à miroir pour l'éclairage latéral des fils, comme dans le spectromètre de MEYERSTEIN, il sera facile d'obtenir l'ajustement de la lunette, à une distance infinie, dans toutes les circonstances et sans qu'on ait besoin d'enlever la lunette de ses collets.

Il n'y aura qu'à diriger l'axe optique de la lunette perpendiculairement à la surface réfléchissante, et à faire mouvoir d'avant en arrière et d'arrière en avant le réticule éclairé latéralement, jusqu'à ce que le réticule et son image soient vus à la fois avec netteté; le réticule coïncide alors avec le foyer principal de l'objectif, où on l'arrête au moyen des vis de serrage.

Cette opération entraîne d'autant moins d'embarras, qu'elle peut s'exécuter pour ainsi dire en passant, pendant qu'on place, suivant la méthode de MEYERSTEIN, d'abord l'axe optique de la lunette perpendiculairement à l'axe du cercle, puis l'arête du prisme parallèlement à ce même axe du cercle.

2. Il n'est pas permis d'admettre que l'arête de l'angle réfringent du prisme soit jamais rigoureusement parallèle à l'axe de rotation du cercle, c'est-à-dire normale au plan dans lequel sont tracées les divisions; ou plutôt, il n'arrivera jamais que les faces latérales du prisme réfringent soient parfaitement perpendiculaires à l'axe optique de la lunette, supposé que celui-ci ait été placé perpendiculairement à l'axe de rotation.

Le moyen d'obtenir l'installation exacte des faces en question consiste simplement à amener le fil horizontal du réticule illuminé en coïncidence avec son image réfléchie sur la face latérale du prisme. Il est facile toutefois de déterminer la valeur angulaire de la distance des deux fils verticaux, et d'en déduire avec un assez grand degré d'approximation, par une simple estimation, la valeur angulaire de la petite distance qui reste encore entre le fil horizontal vu directement et son image réfléchie. La moitié de cet angle est l'angle dont la normale à la surface réfléchissante incline encore sur le plan des divisions, en

[1]) Voyez le mémoire de M. F. KAISER: *Het onderzoek van glazen prisma's als deelen van sterrekundige werktuigen*, mémoire inséré dans le *Tijdschrift van de eerste klasse van het Koninklijk Nederlandsche Instituut*, T. III, p. 117. 1850.

supposant que l'axe optique de la lunette soit perpendiculaire à l'axe du limbe divisé. A l'aide des angles que les normales aux deux faces latérales de l'angle réfringent font avec le plan des divisions, on peut calculer la correction à appliquer à l'angle réfringent du prisme, correction qui doit naturellement éprouver une modification pour chaque position relative différente du prisme.

3. Qu'on se figure une sphère ayant son centre sur l'axe du limbe divisé. Soit, sur cette sphère, A Pl. I. Fig. 2. le pôle de l'une des faces de l'angle réfringent, B celui de l'autre. Soit D le point d'intersection de l'arête de l'angle réfringent avec la surface de la sphère, et soit C le point d'intersection de l'axe du cercle divisé, par conséquent le pôle de la division. Tous ces pôles sont supposés situés au-dessus du plan du cercle divisé.

Les normales aux deux faces latérales du prisme ont leurs parties dirigées vers l'extérieur situées au-dessus du plan du cercle divisé; admettons que la normale à la première face latérale fasse avec ce plan un angle α, et que la normale à la seconde face incline sur ce même plan d'un angle β; il en résulte $CA = 90° - \alpha$ et $CB = 90° - \beta$. Désignons par O l'angle formé par les deux faces latérales du prisme, c'est-à-dire l'angle réfringent proprement dit; on aura $AB = 180° - O$. DA et DB sont chacun égal à 90°.

Posons l'angle $DAC = x$ et l'angle $DBC = y$.

Comme $DAB = 90°$, on a $CAB = DAB - DAC = 90° - x$; de même, puisque $DBA = 90°$, $CBA = DBA - DBC = 90° - y$.

Le triangle ACB donne:

$$\cos BC = \cos AB \times \cos AC + \sin AB \times \sin AC \times \cos CAB,$$

$$\cos (90° - \beta) = \cos (180 - O) \times \cos (90° - \alpha) + \sin (180 - O) \times \sin (90° - \alpha) \times \cos (90° - x),$$

$$\sin \beta = - \cos O. \sin \alpha + \sin O. \cos \alpha. \sin x,$$

$$\sin O. \cos \alpha. \sin x = \sin \beta + \cos O. \sin \alpha,$$

$$\left.\begin{array}{l} \sin x = \dfrac{\cos O. \sin \alpha + \sin \beta}{\sin O. \cos \alpha}; \\ \text{on aura de même } \sin y = \dfrac{\cos O. \sin \beta + \sin \alpha}{\sin O. \cos \beta} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \text{I.}$$

BA est le supplément de l'angle réfringent; dans la position repré-

sentée par la figure 2, le prisme tourne donc son arête vers la gauche, et l'ouverture de l'angle réfringent vers la droite.

Soit maintenant, Fig. 3, A de nouveau le pôle d'une des faces latérales de l'angle réfringent, D l'intersection de l'arête avec la surface de la sphère, et C le pôle du limbe divisé. Soit, en outre, E le point où le grand cercle formé à la surface de la sphère par la face latérale considérée coupe le limbe divisé; alors, en appelant M le centre de la sphère, la ligne ME serait l'intersection de la face latérale avec le plan du limbe divisé.

CE est $= 90°$; AD, AE, AF et EF sont tous $= 90°$.

Posons DE $= p$. L'arc DF est la mesure de l'angle DAC, qui est le même que celui indiqué dans la figure précédente par les mêmes lettres, et par conséquent $= x$; mais EF $= 90°$: donc DE + DF $= 90°$, ou $p + x = 90°$, et $p = 90° - x$.

Nommons de même q l'angle compris entre l'arête du prisme et l'intersection de la seconde face latérale avec le plan du limbe divisé; nous obtiendrons $q = 90° - y$.

Ainsi donc:

$$\left.\begin{array}{l} p = 90° - x \\ q = 90° - y \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{II.}$$

Soit enfin, Fig. 4, D de nouveau l'extrémité de l'arête du prisme sur la surface sphérique, E et F les extrémités, sur cette même surface, des intersections des deux faces latérales du prisme avec le plan du limbe divisé; on aura:

$$\text{angle D} = O,$$
$$DE = p = 90° - x,$$
$$DF = q = 90° - y.$$

Appelons maintenant P l'angle plan qui résulte de l'intersection de l'angle dièdre du prisme par le plan du limbe divisé, c'est-à-dire faisons EF $=$ P. P est alors l'angle qui, pour cette position du prisme, doit être adopté comme l'angle réfringent. O — P est par conséquent la correction qui doit être apportée à l'angle véritable O.

Le triangle DEF donne:

$$\cos EF = \cos DE \times \cos DF + \sin DE \times \sin DF \times \cos EDF$$

ou $\cos P = \cos (90° - x) \times \cos (90° - y) + \sin (90° - x) \times \sin (90° - y) \times \cos O$,

$$\cos P = \sin x . \sin y + \cos x . \cos y . \cos O \ldots\ldots \text{III.}$$

Les formules I et III permettront de déterminer facilement P lorsque O, α et β seront connus.

Lorsque la position du prisme change, les valeurs de α et β changent également, et elles peuvent prendre le signe négatif; mais dans tous les cas les formules continuent à exprimer la valeur de P.

Réfraction et dispersion du prisme MERZ n°. II.

4. J'avais chargé MM. KIPP et Fils à Delft de me procurer un prisme du verre dit verre pesant de FARADAY, comptant qu'ils s'adresseraient pour cela en Angleterre. Ce fut donc avec quelque surprise que j'appris, un peu plus tard, qu'ils avaient suivi une autre voie, voie qui m'était bien connue, et avaient commandé mon prisme chez M. MERZ de Munich. Je fis prier alors cet opticien, par l'intermédiaire de MM. KIPP, de joindre à son envoi une lame mince et une lame épaisse du même verre, telles que j'en possédais déjà pour plusieurs prismes antérieurs. Le tout arriva bientôt; dès le premier coup-d'œil, il me parut probable que le prisme était tiré de la même masse de verre dont M. MERZ m'avait déjà fourni directement un prisme l'année précédente [1]), et les premières mesures confirmèrent entièrement cette présomption.

Je me voyais ainsi déçu dans mon projet primitif d'examiner une seconde espèce de flint-glass fortement réfringent. Mais, mes arrangements étaient déjà pris, et je m'étais créé le loisir nécessaire pour me livrer à cette étude; en outre, d'un côté je désirais éprouver s'il me serait possible d'établir, par des mesures de réfraction, que l'influence de la température sur l'indice varie avec la longueur d'onde, comme je l'avais soupçonné dans ma note précédente [2]); et, d'un autre côté, il ne me déplaisait pas d'être mis à même, d'une manière tout-à-fait imprévue, d'étudier un second prisme d'une qualité de verre sortie d'un atelier célèbre, et dont il m'avait déjà été donné d'apprécier le haut degré de réfraction et de dispersion. Je devais obtenir ainsi le

---

[1]) *Archives*, Vol. I, fasc. 2, p. 64.

[2]) l. c.

moyen de porter un jugement sur l'homogénéité relative des différentes parties d'une même masse vitreuse, et celui de contrôler, tout naturellement, le degré d'exactitude de mes propres mesures. FRAUNHOFER aussi a donné deux séries de résultats [1]) pour des prismes du même flint-glass, dont l'un avait un angle de 45°, l'autre de 60°.

5. Le 12 Juillet 1867, entre 6 et 7 heures de l'après-midi, j'ai déterminé l'angle de mon prisme, à l'aide du fil vertical de la lunette réfléchi sur les faces latérales. Ce jour-là, je m'étais occupé depuis 8^h 30′ du matin jusqu'à 5^h de l'après-midi à des mesures de réfraction; durant tout ce temps, le prisme était resté placé sur le spectromètre et avait participé par conséquent à la température du local où se faisaient les observations; cette température, depuis 8^h 30′ jusqu'à 2^h 30′, s'était élevée d'une manière continue de 18°,3 C. à 26°,5 C., puis jusqu'à 5^h, elle était redescendue à 25°,7. Entre 6^h et 7^h, c'est-à-dire pendant les mesures de l'angle, elle a été, en moyenne, de 24°,4 C.

Je trouvai pour l'angle cherché les valeurs suivantes:

	59° 56′ 32,″2
	38,7
	39,0
	33,1
	45,6
	29,6
Moyenne	59° 56′ 36″,4

Le 11 Août, le prisme s'étant trouvé de nouveau exposé, depuis 7^h 15′ du matin jusqu'à 2^h 40′ de l'après-midi, à une température d'appartement progressivement ascendante, de 16°,8 C. à 25°,7 C, la détermination de l'angle, faite une heure plus tard et par une température moyenne de 25°,5 C, donna:

	59° 56′ 53,″2
	51,2
	48,1
	46,0
	60,3
	44,4
Moyenne	59° 56′ 50,″5

[1]) SCHUMACHER's *Astronomische Abhandlungen*, II, p. 31.

Ces deux moyennes diffèrent sensiblement l'une de l'autre, moins pourtant que les résultats obtenus, dans une Note antérieure [1]), pour le prisme STEINHEIL n°. II. Le 11 Août, d'après mon registre d'observation, avant de procéder aux mesures, j'avais établi le parallélisme entre l'arête de l'angle réfringent et l'axe de rotation du cercle divisé. Pour le 12 Juillet, mon registre se tait à ce sujet; mais une inclinaison de l'arête s'élevant même à plusieurs minutes n'aurait pas produit, dans la valeur trouvée pour l'angle, une différence aussi grande que celle qui résulte de l'observation. Rien ne nous indique que ce soit précisément, ou la valeur la plus forte, ou la valeur la plus faible, qui doive être employée de préférence, comme angle réfringent, dans les mesures de réfraction; pour ce motif, j'ai pris simplement la moyenne des deux valeurs trouvées, c'est-à-dire $M = 59° 56' 43'',4$, comme base des calculs servant à déduire de mes observations les indices de réfraction.

Les résultats obtenus, par chaque série à part, dans la mesure d'une quantité aussi invariable que doit l'être l'angle réfringent pour une position fixe du prisme, prouvent à l'évidence que chacune de mes opérations de pointé et de lecture de l'instrument permet une erreur d'environ 7", ce qui s'explique facilement par l'épaisseur relativement assez grande des fils d'araignée et des traits de la graduation. Cette erreur dépasse notablement les 4" qui constituent la limite de précision à atteindre dans la lecture, et que, comme telle, on pourrait aussi être porté à regarder comme la limite des erreurs de chaque mesure séparée.

Une erreur de 14" dans l'angle réfringent donne, en moyenne, une erreur de 7 unités dans la cinquième décimale de l'indice de réfraction.

La construction particulière du spectroscope, qui ne permet la mesure des déflexions que d'un seul côté du zéro de la division, et la hauteur relativement assez grande de mes prismes rendirent souvent mes observations très pénibles. J'étais obligé d'enlever le prisme pour diriger la lunette sur la fente et déterminer par ce moyen l'erreur de collimation, et je devais changer d'oculaire pour placer l'arête du prisme parallèlement à l'axe de rotation, ce qui pouvait m'exposer à altérer de nouveau la position de l'axe de la lunette. Les deux opérations se contrarient donc réciproquement, et elles deviennent inconciliables lorsqu'on désire avoir une vérification du zéro avant et après chaque série de mesures de déflexion. C'est pour cela que M. MEYERSTEIN recommande de choisir le prisme d'une hauteur telle qu'il ne cache que les trois quarts environ

[1]) *Archives*, Vol. I, fasc. 2, p. 64.

du diamètre de l'objectif, ce qui, en tenant compte de l'élévation de la lunette au-dessus de la plate-forme centrale, réduit la hauteur du prisme à environ un pouce de Paris. L'observateur reçoit alors une partie de la lumière du collimateur par-dessus le prisme, et il peut, de cette manière, vérifier à chaque instant le zéro sans avoir besoin de déplacer le prisme. Il faut remarquer toutefois qu'en opérant ainsi on utilise les rayons voisins du bord de l'objectif, que ces rayons ne donneront pas une image très nette de la fente, et qu'en outre cette image sera sensiblement courbée à ses extrémités par l'effet de l'aberration de sphéricité. J'avoue qu'en commandant mes prismes j'avais perdu de vue que leur dimension en hauteur était limitée par la condition posée; d'ailleurs, quand même j'y aurais songé, il n'est pas certain que j'eusse voulu me contenter d'une si faible hauteur, qui serait devenue un inconvénient lorsque j'aurais voulu faire servir à des recherches d'une autre nature la belle collection de prismes bien étudiés que je me forme peu à peu.

J'ai reconnu, il est vrai assez tard, qu'un déplacement de la lunette, tel que celui auquel le changement d'oculaire peut si facilement donner lieu, n'est qu'extrêmement petit; si, en particulier, on fait tourner la lunette sur ses tourillons et qu'on la soulève légèrement, puis qu'on lui laisse reprendre doucement, d'elle-même, sa place, l'erreur du zéro, et par conséquent la direction de l'axe optique, reste invariable entre les limites des erreurs d'observation, pourvu, bien entendu, qu'on ait opéré avec les précautions convenables. Par suite de cette observation je me suis contenté, pour les mesures postérieures, d'une seule vérification du zéro, par exemple au commencement ou à la fin de la série; au lieu de la seconde vérification, à la fin ou au commencement de la série, je rétablissais alors, à l'aide de l'oculaire à miroir, le parallélisme de l'arête du prisme avec l'axe de la division; ou bien, je déterminais la position de l'arête par rapport à l'axe, soit avant d'enlever le prisme pour la vérification du zéro, soit après son installation définitive sur la plate-forme pour les observations de réfraction. La connaissance, même approximative, des angles α et β me suffisait amplement, comme je l'ai montré au paragraphe 3, pour obtenir, au moyen des formules I à III, la valeur de l'angle P, c'est-à-dire la valeur corrigée de l'angle O.

Comme exemple, j'ai calculé x et y, d'après la formule I, en faisant $\alpha = 5'$ et $\beta = 5'$, valeurs qui ne sont probablement jamais atteintes par ces erreurs, et en supposant que les angles α et β soient tous deux positifs, ou bien l'un positif et l'autre négatif. Pour α et β chacun $= + 5'$, la formule I donne x et y chacun $= + 8' 38''$, et avec ces valeurs on trouve, dans le triangle DEF fig. 4, $P = 59° 59' 58',8$

quand on pose $O = 60°$. Pour $\alpha = + 5'$ et $\beta = - 5'$, il vient $x = - 2'\ 53''$ et $y = + 2'\ 53''$, et ensuite $P = 60°\ 0'\ 0'',3$ dans la même hypothèse de $O = 60°$. Ces écarts, on le voit, restent bien en deçà des limites des erreurs de mesure; ils prouvent que j'avais en quelque sorte poussé le scrupule trop loin.

6. Mais quelle peut être la raison de la différence entre les résultats trouvés pour l'angle réfringent à deux époques différentes, et par conséquent, selon toute apparence, dans deux positions du prisme non identiques? Je pense qu'on ne doit pas la chercher ailleurs que dans la forme des faces latérales du prisme, lesquelles s'éloignent toujours plus ou moins de la perfection absolue et affectent une courbure sphérique; lorsque des parties différentes de ces faces latérales servent à la réflexion du réticule, ce qui a indubitablement eu lieu dans ces deux cas, on doit trouver pour l'angle qu'elles forment un résultat différent. Le prisme Merz n°. I de mon Mémoire précédent, que je suis disposé à regarder comme ayant été construit avec le plus de soin, montre le moins d'inégalités de ce genre. En dehors de la cause que je viens d'assigner, je n'en découvre aucune autre qui ait pu exercer de l'influence; tous les détails du procédé de mesure ayant été appliqués exactement de la même manière, dans les deux cas, aux deux faces réfléchissantes, ils n'ont pu influer sur l'angle trouvé, qui résulte de la différence des lectures quand ces faces sont successivement perpendiculaires à l'axe optique. Je me propose de revenir plus tard sur ce point, et de le soumettre alors à un examen approfondi; les jours couverts, qui viennent trop souvent interrompre la continuité d'observations optiques plus délicates, pourront être utilisés à cet effet.

7. J'ai fait avec le prisme Merz n°. II quatre séries de mesures, en observant toujours, d'après la méthode de Newton, pour chaque raie en particulier, la déflexion minima correspondante à cette raie. Deux de ces séries furent exécutées le 12 Juillet, une le 25 Juillet et une le 11 Août; entre ces deux dernières dates, le 6 Août, se place encore un fragment de série, que l'état nébuleux du ciel ne permit pas de compléter. Ce fragment de série ne m'a pas été entièrement inutile, car il m'a servi, dans certains cas, comme vérification, ou pour l'intercalation d'une raie perdue dans les séries complètes [1]). Le 12 Juillet

[1]) J'ai reconnu trop tard que, en rédigeant ma Note précédente (*Archives*, vol. I, fasc. 2, pag. 64), je m'étais, dans un moment de distraction, mal exprimé au sujet des quatre séries de mesures relatives au prisme Merz n°. I. Chacun des nombres de ces quatre séries résulte d'une seule observation, et n'est pas la moyenne de deux résultats distincts; les quatre séries d'alors n'ont donc pas plus de poids que les deux séries

je commençai par le point $1\,\alpha$, et continuai jusqu'au point 49; immédiatement après, je revins de 49 à $1\,\alpha$; le 25 Juillet je montai de nouveau depuis $1\,\beta$ jusqu'à 50; le 11 Août je descendis de 50 à $1\,\beta$. La portion de série qui se rapporte au 6 Août a été prise en marchant de 50 vers $1\,\alpha$. Pendant ces observations, j'ai constamment consulté ma montre, et j'ai noté de temps en temps les indications du thermomètre marqué K. N°. I, à l'intérieur du local où j'opérais, afin de pouvoir calculer, au moyen du temps, la température approchée de l'atmosphère ambiante pour l'instant de l'observation. Le thermomètre employé était le thermomètre K. N°. I. que j'ai substitué au thermomètre de WENCKEBACH.

Pour le calcul des observations j'ai pris d'abord, d'une part la moyenne des deux séries du 12 Juillet, d'autre part celle des séries du 25 Juillet et du 11 Août. J'obtenais ainsi des valeurs de déflexion qui reposaient chacune sur deux mesures, et je réduisais de moitié le nombre des résultats à calculer. Par suite, j'ai pris également la moyenne des deux températures appartenant à une même raie, ce qui a eu pour effet de rendre plus uniformes les températures assignées aux différentes raies dans une même colonne. Outre les points pour lesquels j'ai déterminé antérieurement la longueur d'onde, on en trouvera encore quelques autres pour lesquels j'ai mesuré ici l'indice de réfraction. Comme angle réfringent j'ai adopté, pour toutes les observations, la valeur de 59° 56′ 43″,4.

Les résultats sont rapportés dans la table I. La colonne 1 renferme ceux qui proviennent de la combinaison des deux séries du 12 Juillet, et la colonne 2 contient ceux des moyennes des séries du 25 Juillet et du 11 Août; chacun de ces résultats moyens est accompagné de la température moyenne qui lui correspond. La colonne 3 donne les moyennes des nombres de 1 et 2, et ces mêmes moyennes se retrouvent dans la colonne 4 réduites à une température uniforme de 24° C, à l'aide des variations des indices pour la température, qu'on a pu déduire, il est vrai d'une manière imparfaite, des colonnes 1 et 2. Pour restreindre, autant que possible, le nombre des chiffres, on a supprimé dans les premières colonnes l'unité et les deux premières décimales, ne conservant que les trois dernières, et indiquant par mon signe habituel, $\not{0}$ ou $\not{9}$ par exemple, les cas très rares où la décimale précédente doit être augmentée ou diminuée d'une unité.

---

données ici. Cette rectification enlève un peu de sa force à l'argumentation par laquelle j'ai essayé d'établir une dépendance, entre le changement de l'indice avec la température, et la longueur d'onde.

L'accord remarquable entre les résultats de la colonne 4 et ceux obtenus, dans ma Note précédente [1]), pour le prisme MERZ n°. I, témoigne de l'homogénéité de la masse primitive de verre dans laquelle les deux prismes ont été taillés. L'écart qui subsiste se résume d'abord en une différence constante moyenne de 7 unités de la cinquième décimale, en faveur des indices de mon premier Mémoire; cette différence peut découler en partie des erreurs inévitables dans la mesure des angles réfringents. Ensuite, on observe que la différence diminue assez régulièrement de l'extrémité la moins réfrangible à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, de telle sorte, qu'elle s'élève jusqu'à 9 dans la première partie et descend jusqu'à 5 dans la seconde; cette variation de la différence, de même qu'une fraction de sa valeur constante, disparaîtrait en grande partie si l'on tenait compte du changement que la correction pour la température éprouve avec la longueur d'onde, changement qui ne peut être négligé ici, puisque, lors de mes dernières expériences, la température de l'atmosphère a été d'environ 4° C. plus haute que lors des premières. Tout bien pesé, je crois qu'il ne restera pas, en définitive, des écarts plus grands que ceux dont sont affectées les observations analogues de FRAUNHOFER pour le flint-glass n°. 23, lesquels écarts montent encore, pour les raies E et F, à 5 et 6 unités de la cinquième décimale.

8. La colonne 5 donne la comparaison entre le calcul et l'observation, c'est-à-dire les différences entre les résultats du premier et ceux de la seconde, pour toutes les raies dont la longueur d'onde a été déterminée par moi-même. J'ai fait usage pour le calcul de trois formules distinctes; les différences inscrites sous I se rapportent à une formule à l'établissement de laquelle avaient concouru toutes mes raies; sous II, à une formule que j'obtins après avoir supprimé, pour des raisons que j'indiquerai dans un instant, toute la partie du spectre après la raie 35; sous III enfin, à une formule que je trouvai après avoir retranché en outre la partie initiale du spectre, depuis 1 α jusqu'à 4 β. Ces formules, calculées comme d'ordinaire par la méthode des moindres carrés, sont les suivantes:

pour I, $$n = 1{,}714502 + \frac{1086990}{\lambda^2} + \frac{6652412(10)^6}{\lambda^4}$$

pour II, $$n = 1{,}714479 + \frac{1086971}{\lambda^2} + \frac{6684116(10)^6}{\lambda^4}$$

[1]) *Archives*, vol. I, fasc. 2, p. 64.

$$\text{pour III,} \qquad n = 1{,}714681 + \frac{1087298}{\lambda^2} + \frac{6514331(10)^6}{\lambda^4}.$$

En rapprochant la forme de ces équations de celle dont je me suis servi antérieurement, on remarquera que le troisième terme offre deux chiffres de plus, sans importance propre d'ailleurs, et par suite le facteur $(10)^6$ au lieu de $(10)^8$; ce changement a été introduit uniquement afin de mettre plus d'uniformité entre ces équations et celles relatives à d'autres substances, et de rendre ainsi la comparaison plus facile.

Le motif qui m'a engagé à calculer les formules II et III, c'est que je voulais rechercher si, la courbe restant d'ailleurs déterminée par un nombre de points considérable, l'omission des raies extrêmes, des plus comme des moins réfrangibles, aurait une influence sensible sur les coefficients, et de quelle nature cette influence pourrait être. Le résultat montre qu'on peut raccourcir hardiment le spectre à ses deux extrémités, sans apporter un changement notable aux constantes de l'équation; il n'y a que la suppression au côté le moins réfrangible qui élève un peu le premier coefficient et abaisse un peu le troisième, ce qui n'a pas lieu de nous surprendre, puisque le troisième terme prend naturellement, à mesure que la longueur d'onde croît ou que les rayons deviennent moins réfrangibles, une valeur beaucoup plus faible, et que, par suite, une partie relativement plus grande de cette valeur peut facilement passer du troisième terme, qui est variable, au premier, qui est constant, ou réciproquement.

9. Les épreuves auxquelles je viens de soumettre le prisme Merz n°. II, après avoir déjà consacré tant de temps à l'examen du prisme n°. I, me donnent le droit, je pense, de regarder maintenant comme complète l'étude de l'espèce de verre dont ces prismes sont composés. Sans doute, il n'est guère attrayant d'exécuter un semblable travail en partie double; mais aussi, je me vois en possession de deux prismes connus intimement et qui pourront dorénavant être appliqués, en toute sécurité, à des recherches d'une autre nature. J'espère obtenir bientôt, par les soins de MM. Kipp, un prisme de flint-glass pesant d'une tout autre source; ce sera matière à étude pour l'été prochain.

Réfraction et dispersion de l'hydrure de cinnamyle.

10. Je désirais soumettre à l'expérience une huile essentielle douée d'un haut degré de réfringence et de dispersion. J'avais songé à l'huile de cannelle; mais mon ami le professeur VAN KERCKHOFF, que je consultai à ce sujet, me conseilla de donner la préférence à l'hydrure de cinnamyle, comme représentant l'essence à son plus grand degré de pureté, et, par conséquent, sous une forme plus facile à reproduire ultérieurement. Ayant reconnu la justesse de cette observation, je me décidai en faveur de l'hydrure, et, par l'entremise de M. W. PAUL de Deventer, je reçus de M. H. J. DEELEMAN d'Erfurt, la quantité qui m'était nécessaire pour mon travail. Voici comment j'ai opéré avec cet hydrure de cinnamyle.

Le prisme creux de STEINHEIL, dont il a été question dans mon Mémoire précédent, devait de nouveau servir ici; mais je ne pouvais plus faire usage de la térébenthine de Venise comme moyen d'adhésion des verres obturateurs, parce qu'il était à prévoir que cette matière serait dissoute par l'huile essentielle. L'idée me vint alors d'essayer la colle liquide à froid de DUMOULIN, que je pouvais me procurer à bas prix, brune ou blanche, à Amsterdam, et qui m'avait déjà rendu d'importants services dans d'autres circonstances. Cette substance me satisfit complétement, et je puis en recommander l'usage à tout le monde. Il est probable, d'après ce qu'on m'a dit, que c'est de la colle animale dissoute dans l'acide acétique ou dans quelque liquide analogue. Quoi qu'il en soit de sa composition, je trouvai, et cela me suffisait, qu'elle était insoluble dans les huiles essentielles, et qu'elle fixait parfaitement les verres obturateurs sur le prisme; en ce moment, ces verres adhèrent encore avec tant de force, que je compte les laisser indéfiniment en place; et si quelque circonstance particulière m'obligeait à les détacher, un peu d'eau chaude en viendrait facilement à bout [1]).

Mon prisme une fois armé, le travail ne m'offrit plus de difficultés spéciales. Pour la détermination de la température du liquide j'employais le même petit thermomètre K. II. B dont j'ai déjà parlé, qui marquait les

---

[1]) L'étiquette des flacons porte: Colle forte à froid de DUMOULIN à Paris, pour coller toute espèce de matières: bois, cristal, verre, porcelaine, ivoire, métaux, etc. C'est dans un moment critique, où il s'agissait d'unir deux petites pièces métalliques, que j'avais appris à apprécier les qualités de cette colle.

cinquièmes de degré et pouvait, par conséquent, donner sans peine les dixièmes par estimation; la température de l'appartement fut observée comme précédemment, au moyen du thermomètre K. N°. I. J'ai fait ici un usage très assidu du thermomètre K. II. B, parce que j'avais reconnu que les indices de réfraction du liquide étaient très sensibles aux petites différences de température. En même temps j'annotais fréquemment l'heure et la minute, ce qui me permit de calculer plus tard, par interpolation, la température du liquide pour chaque raie; pour ma facilité personnelle j'ai admis dans les tables les résultats de ce calcul avec les centièmes de degré inclusivement, parce qu'il me restait encore à prendre les moyennes de ces températures et, finalement, à tenir compte de la variation des indices avec la température. Pour faire disparaître, autant que possible, les différences de densité auxquelles pouvait donner lieu la répartition inégale de la chaleur dans la masse du liquide, j'agitais celui-ci dans le prisme, au moment de l'observation, à l'aide du réservoir du thermomètre, au moins lorsque les circonstances ne s'y opposaient pas. Du reste, je n'ai pas, dans le cours de mes expériences, éprouvé d'embarras particuliers de cette inégalité de densité, si ce n'est immédiatement après l'éloignement du thermomètre; j'étais obligé alors d'attendre pendant quelques instants, le spectre se montrant confus; mais dès que le liquide était entré en repos, — et se trouvait probablement, non à une température uniforme, mais partagé en couches extrêmement minces et de températures régulièrement croissantes, — les raies de FRAUNHOFER redevenaient distinctes et je pouvais reprendre mes mesures.

Encore sous l'impression des désagréments que m'avaient causés les fuites du prisme lors de mes recherches sur l'eau et sur le chlorhydrate d'ammoniaque, j'observai la précaution de scinder en deux les déterminations de l'angle du prisme, et d'en effectuer chaque fois une moitié avant et l'autre moitié après les mesures de réfraction; j'avais ainsi le moyen de juger si les verres obturateurs s'étaient déplacés durant les observations.

Les mesures ont été faites comme de coutume d'après la méthode de NEWTON. Le trou à la partie supérieure du prisme, qui devait donner passage au réservoir du thermomètre, était constamment fermé par une petite lame de glace.

11. Mes observations sont de nouveau distribuées en quatre séries. Deux de ces séries ont été obtenues le 3 Septembre, en allant de la raie 1α jusqu'à 35 et revenant de 35 vers 1α; on a pris les moyennes de ces deux séries. Deux autres séries ont été déterminées le 9 Septembre; ce jour-là, on a débuté par 35 et marché vers 1α, pour retourner

immédiatement après de 1α à 35; les moyennes de ces deux séries ont encore été calculées et adoptées comme résultats de l'observation pour le 9 Septembre. En outre, je possède encore, du 5 Septembre, une partie de série, qui, commencée à 35, s'arrête à 14α, l'état du ciel ayant rendu toute observation ultérieure impossible. Je n'ai fait usage de ce fragment de série que comme moyen de vérification, et pour l'intercalation d'une couple de raies qui, l'un des deux autres jours, n'avaient pas été mesurées ou ne l'avaient été qu'imparfaitement.

J'ai de nouveau reconnu ici, par l'observation de la fente du collimateur à travers le prisme vide, que l'influence des verres obturateurs n'a pas de valeur sensible et peut, par suite, être négligée complétement; en d'autres termes, ces verres peuvent être regardés comme étant à faces rigoureusement parallèles.

On a trouvé pour l'angle réfringent du prisme :

	3 Septembre.	5 Septembre.
avant les mesures de réfraction	60° 38′ 54″,0	60° 38′ 52″,1
	58,8	56″,9
après " " " "	53,3	
	48,6	
moyenne	60° 38′ 53″,7	60° 38′ 54″,5

	9 Septembre.
avant les mesures de réfraction	60° 38′ 57″,8
	54,1
après " " " "	59,8
	65,2
moyenne	60° 38′ 59″,2

Ces angles montrent, du 3 au 9 Septembre, un léger accroissement, que je regarde toutefois comme purement apparent. Quant à la valeur de l'angle réfringent pour un même jour, en présence de la petitesse des écarts entre les différents résultats, on peut admettre avec confiance qu'elle est restée invariable, qu'elle a été la même avant et après les observations de réfraction. Dans le calcul des indices de réfraction, on a fait usage de la valeur 60° 38′ 53″,7 de l'angle réfringent pour les observations du 3 Septembre, et de la valeur 60° 38′ 59″,2 pour celles du 9 Septembre.

12. Les résultats du calcul se trouvent consignés dans la table II : la colonne 1 donne les résultats du 3 Septembre avec les températures correspondantes, la colonne 2 ceux du 9 Septembre, la colonne 3 les

moyennes; la colonne 4, enfin, ces moyennes réduites à la température de 23°,5 C Dans les trois premières colonnes on a de nouveau supprimé les trois premiers chiffres. La dernière colonne, 5, concerne la comparaison entre la formule obtenue par la méthode des moindres carrés et l'observation ; elle donne les différences Calcul—Observation.

A cause de la dispersion énergique du liquide, et de la valeur considérable de l'angle du prisme, il m'a été impossible de dépasser le point 35 ; au-delà, les raies n'étaient plus perceptibles [1]). Cette circonstance aggravant encore l'inconvénient du grand intervalle qui sépare les raies 34 et 35, j'ai pris dans cet intervalle deux points reconnaissables (34) et (35) auxquels j'ai étendu les mesures de réfraction; (34) est le bord le moins réfrangible d'une bande, (35) le bord le plus réfrangible d'une autre bande assez large. J'ai ensuite eu recours au prisme Merz n°. I, et, par interpolation, j'ai calculé les longueurs d'onde correspondantes aux indices de réfraction trouvés avec ce prisme; les longueurs ainsi déterminées sont : pour (34), $\lambda = 4795{,}5$, et pour (35), $\lambda = 4728{,}2$. Ces longueurs ont alors été admises dans le calcul tout comme celles déjà fixées antérieurement.

La formule qui représente le mieux les observations est :

$$n = 1{,}575443 + \frac{905722}{\lambda^2} + \frac{20739559(10)^6}{\lambda^4}$$

C'est précisément parce que dans le cas actuel je n'avais pu dépasser la raie 35, que j'ai eu l'idée de chercher, comme on l'a vu plus haut, quels changements subiraient les coefficients de la formule pour le prisme Merz n°. II si l'on rognait successivement le spectre à ses deux extrémités; je voulais savoir jusqu'à quel point l'expression ci-dessus, qui ne reposait que sur les raies antérieures à 36, pouvait être regardée comme d'application générale.

13. La table II renferme encore une petite table accessoire ayant pour inscription : *Variation de l'indice avec la température.* Je n'avais pas tardé à reconnaître que le changement de l'indice avec la température, — lequel, ici, est naturellement normal, c'est-à dire que l'indice décroît quand la température s'élève, — augmentait à mesure que la longueur d'onde diminue. J'ai alors, afin d'arriver à une élimination aussi complète que possible des erreurs d'observation, calculé, pour quelques groupes

[1]) J'ai déjà commandé chez M. Steinheil et chez M. Merz de nouveaux prismes pour liquides, entre autres un prisme à angle réfringent beaucoup moins ouvert, afin d'être en mesure de pouvoir reprendre ce sujet plus tard.

de raies, les différences concomitantes de température et d'indice entre les colonnes 1 et 2, puis j'en ai déduit la variation de l'indice pour 1° C. Ce sont ces divers éléments qu'on trouve dans la petite table; les nombres qu'elle contient ont servi pour la réduction de la colonne 3 à la température constante 23°,5 de la colonne 4.

14. Il reste encore à faire connaître la densité du liquide employé. En suivant la méthode déjà appliquée, dans une occasion précédente, à plusieurs autres liquides, j'ai trouvé, l'eau à 4° C. étant prise pour unité:

	à 16°,45 C.	densité	1,05672
	〃 16,73 〃	〃	1,05612
en moyenne	à 16°,59 C.	densité	1,05642

Je n'ai pas fait de pesées à des températures assez éloignées de celle-ci pour pouvoir fixer, avec quelque exactitude, le coefficient de dilatation du liquide. La saison était déjà trop avancée pour que le thermomètre atteignît encore les températures élevées auxquelles avaient eu lieu les mesures de réfraction; or, c'était précisément pour ces températures-là que j'aurais voulu, de préférence, déterminer la densité et la dilatation. Bien que se rapportant à une température différente, la densité indiquée suffit du reste pour caractériser, sous ce rapport, la nature du liquide. De petites quantités de liquide, restées dans le prisme, montrèrent bientôt les cristaux aciculaires de l'acide cinnamique.

Réfraction et dispersion de l'essence d'anis.

15. Le résultat de mon travail sur l'hydrure de cinnamyle ne m'avait satisfait qu'à moitié; j'éprouvais une certaine contrariété de m'être vu arrêté dans mes mesures à la raie 35, uniquement parce que je n'avais pas sous la main un bon prisme pour liquides d'un angle plus petit, et je ne me résignais pas à terminer ma campagne d'observations sans avoir étudié, d'une manière complète, quelque liquide doué d'une grande dispersion. J'eus donc de nouveau recours à M. Baden Powell [1]), et mon choix se porta cette fois-ci sur l'essence d'anis, dans l'espoir qu'elle me dédommagerait de la déception partielle que m'avait causée

[1]) *The undulatory theory*, London, 1841.

l'hydrure de cinnamyle. M. PAUL me procura de l'essence d'anis de première qualité (de l'huile de Russie, la plus pure selon lui), qu'il avait reçue directement de M. DEELEMAN d'Erfurt.

Je trouvai pour le poids spécifique de cette essence :

	à 15°,93 C.	densité	0,98074
	〃 16,14 〃	〃	0,98055
en moyenne	à 16°,03 C.	densité	0,98065 ;

variation pour 1° = 0,00090,

la densité de l'eau à 4° C. étant toujours prise pour unité. On voit que la dilatation trouvée tombe sans doute par un hasard favorable, plus près de la valeur à laquelle on pourrait s'attendre, que celle trouvée pour l'hydrure de cinnamyle.

Je crus remarquer en cette essence un arrière-goût de matière grasse; mais on me rassura en me faisant observer que cette saveur se rencontre fréquemment dans les huiles essentielles, même alors qu'elles sont parfaitement pures.

16. Sur cette huile, j'ai encore une fois exécuté quatre séries différentes de mesures de réfraction : deux le 12 Septembre, la première allant de 1 α à 46, la seconde de 46 à 1 α; et deux autres le 21 Septembre, la première de 46 à 1 α, la seconde de 1 α à 46.

Le 13 et le 20 Septembre, le prisme ayant été rempli de liquide, j'ai déterminé son angle réfringent; mais ces jours-là le ciel était trop couvert pour que des observations de réfraction fussent possibles.

Les valeurs suivantes ont été obtenues pour l'angle du prisme :

	12 Septembre.	21 Septembre.
avant les mesures de réfraction. .	60° 38′ 46″,6	60° 38′ 37″,8
	49,1	46,7
après 〃 〃 〃 〃 . .	43,0	33,8
	59,0	44,1
Moyenne	60° 38′ 49″,4	60° 38′ 40″,6

	13 Septembre.	20 Septembre.
	60° 38′ 40″,5	60° 38′ 39″,2
	53,4	13,0
Moyenne	60° 38′ 47″,0	60° 38′ 26″,1

Ces nombres ne dénotent aucune altération réelle dans la valeur de l'angle, ni par conséquent dans la position des verres obturateurs, soit avant, soit après les observations. Pour me renfermer strictement, toutefois, dans le cadre des résultats immédiats de l'expérience, j'ai calculé les mesures du 12 Septembre avec l'angle réfringent 60° 38′ 49″,4, et celles du 21 Septembre avec l'angle 60° 38′ 40″,6.

Du 12 au 21 Septembre je m'occupai à déterminer les densités des liquides de mon Mémoire précédent, dans la crainte que, si je tardais trop longtemps, la température moyenne du jour ne tombât trop bas. En même temps, j'attendais avec impatience un jour de soleil assez pur pour me permettre d'achever les observations de réfraction, ce qui se présenta enfin le 21 Septembre.

17. La table III contient dans la colonne 1 les indices calculés avec les déflexions moyennes des deux séries du 12 Septembre, et dans la colonne 2 les indices correspondants aux moyennes des deux séries du 21 Septembre. La colonne 3 donne de nouveau les moyennes des deux colonnes précédentes, et la colonne 4 ces moyennes réduites à la température de 21°,4 C. La colonne 5 enfin est encore consacrée à la comparaison des formules avec l'observation; on y voit, comme pour le prisme MERZ n°. II, les écarts tels qu'on les trouve, d'abord en faisant entrer toutes les raies dans le calcul, ensuite en interrompant le spectre au point 35, enfin en le coupant en bas et en haut aux points indiqués par la table. Cette table III renferme, en outre, une petite table donnant les *variations de l'indice avec la température*, et entièrement semblable à celle qui avait déjà été calculée pour l'hydrure de cinnamyle.

Les formules qu'on obtient en restreignant successivement l'étendue du spectre, ainsi qu'il vient d'être dit, et en bornant le calcul aux raies conservées, sont les suivantes:

$$\text{I.} \quad n = 1{,}519745 + \frac{736825}{\lambda^2} + \frac{7785175(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{II.} \quad n = 1{,}519436 + \frac{762225}{\lambda^2} + \frac{7312792(10)^6}{\lambda^4}$$

$$\text{III.} \quad n = 1{,}519421 + \frac{762350}{\lambda^2} + \frac{7342446(10)^6}{\lambda^4}.$$

Bien que la différence entre ces formules soit un peu plus accusée qu'entre celles relatives au spectre du prisme de flint-glass, elle demeure pourtant peu importante. Il semble en résulter qu'une formule

calculée avec une partie du spectre, aussi restreinte que celle qui sert de base à la formule II, ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité; et qu'il en est encore de même quand on ne fait entrer en compte qu'un nombre de raies encore plus petit, ainsi que cela a eu lieu pour la formule III.

Le fait que le coefficient de la variation avec la température croît quand la longueur d'onde décroît, ressort ici de la petite table accessoire encore plus distinctement que dans le cas de l'hydrure de cinnamyle.

— —

Discussion.

18. Les observations générales que j'ai à ajouter à ce qui précède ne sont pas nombreuses. Le troisième terme de la formule acquiert plus d'importance pour l'hydrure de cinnamyle que pour le flint-glass et surtout que pour l'essence d'anis. Il en est autrement du second terme; celui-ci a le plus de poids, d'abord pour le flint-glass, ensuite pour l'hydrure de cinnamyle, et finalement pour l'essence d'anis. La somme des carrés des écarts restants est, pour la même étendue du spectre, beaucoup plus grande dans l'hydrure de cinnamyle que dans le flint-glass, lequel, sous ce rapport, ne l'emporte que peu sur l'essence d'anis. La valeur considérable que prend, dans les deux liquides, le coefficient pour la température, peut sans doute exercer de l'influence sur les erreurs accidentelles; mais elle ne saurait, en aucun cas, affecter la marche générale des écarts. Surtout les observations concernant l'hydrure de cinnamyle mettent donc en évidence que, même à la formule à trois termes, il manque encore quelque chose pour représenter exactement l'expérience; malgré toutes les imperfections dont mes résultats, je veux bien le reconnaître, peuvent être entachés, la formule reste encore au-dessous de ces résultats.

Je me suis laissé aller, ici comme dans beaucoup d'autres cas, à calculer les coefficients des formules avec un trop grand nombre de chiffres, plusieurs de ces chiffres ne contribuant que médiocrement à la précision des résultats et manquant d'ailleurs eux-mêmes de l'exactitude nécessaire. Sans doute, il n'y a aucun mal à pousser l'approximation trop loin. Pour faire apprécier, toutefois, le degré de considération que les chiffres méritent, je noterai que 200 dans le coefficient du second terme donne environ les différences suivantes dans l'indice de réfraction :

pour 1α 0,000003, pour 14γ 0,000006, et pour 50 0,000012; et que 5000 dans le coefficient du troisième terme est exprimé dans l'indice de réfraction approximativement de cette manière :

pour 1α 0,000001, pour 14γ 0,000004, et pour 50 0,000019.

On voit d'après cela qu'on peut hardiment négliger les deux derniers chiffres dans le second coefficient et les quatre derniers dans le troisième, d'autant plus que ces chiffres ne peuvent eux-mêmes inspirer aucune confiance. En les supprimant, il faudra naturellement multiplier le second terme par $(10)^2$, et le troisième par $(10)^{10}$ au lieu de $(10)^6$; c'est uniquement afin d'éviter cette forme, au moins pour le second terme, que j'ai fait figurer dans les formules les chiffres superflus.

19. On remarquera une irrégularité fâcheuse dans les petites tables calculées pour les deux liquides; *la variation de l'indice avec la température* y montre, en effet, pour l'hydrure de cinnamyle, un minimum déplacé vers 14γ, c'est-à-dire vers le maximum d'intensité; et au même point un maximum, non moins inopportun, pour l'essence d'anis. Ces déviations auraient-elles quelque fondement dans la nature même des phénomènes? J'incline à croire, jusqu'à nouvel ordre, qu'elles doivent être mises simplement sur le compte d'une accumulation accidentelle d'erreurs d'observation assez sensibles, ce qui n'aurait pas lieu d'étonner quand on considère l'influence considérable qu'une légère variation de température exerce sur l'indice de réfraction.

20. La table I montre çà et là des sauts assez brusques dans la température de deux raies successives; cela provient de ce que, dans le courant d'une même série régulièrement progressive, j'ai, pour quelques raies principales, répété l'observation à plusieurs reprises et à des températures passablement différentes; pour accroître le degré d'exactitude, j'ai alors pris pour chacune de ces raies la moyenne des divers résultats et l'ai substituée, dans le calcul et dans la table, au résultat unique qui avait été annoté pour cette raie au moment où elle se présentait à son rang véritable dans la série des observations. Cette pratique n'offrait ici aucun inconvénient, parce que l'influence de la température était très faible. Pour les huiles essentielles, où cette influence se fait sentir beaucoup plus énergiquement, je me serais bien gardé, en général, de procéder de la même manière; je n'ai eu recours pour elles à quelque chose d'analogue que dans des cas d'absolue nécessité.

21. J'ignore encore jusqu'à quel point il pourrait être utile de reprendre l'année prochaine l'examen de l'hydrure de cinnamyle avec un prisme de plus petit angle réfringent, pour atteindre les rayons de moindre longueur d'onde. En se laissant guider par la comparaison des formules

I et II pour le flint-glass et l'essence d'anis, on serait conduit à penser qu'une modification légère des coefficients de la formule est tout ce qui résulterait de l'admission dans le calcul des rayons les plus réfrangibles. Mais il se pourrait aussi que les écarts considérables que, déjà maintenant, l'hydrure de cinnamyle donne entre la formule et l'observation, prissent des proportions excessives pour les rayons les plus déviés et nous indiquassent la voie à suivre pour compléter la formule. Une étude plus minutieuse de la formule trouvée pour ce liquide fournira peut-être quelques indications propres à fixer mes idées. Si de nouvelles mesures exécutées sur l'hydrure de cinnamyle ne me paraissent pas indispensables, je réserverai mon temps pour des recherches dont il y ait plus à attendre, par exemple pour l'étude de quelque huile essentielle contenant plus d'oxygène; une pareille étude jetterait peut-être quelque jour sur des points encore complétement obscurs, tels, entre autres, que l'influence qui, dans l'eau, revient à l'oxygène par rapport à la nature des termes de notre formule. Des mesures sur une couple d'excellents prismes de crown-glass, sur un prisme d'un autre verre pesant, sur une ou deux huiles essentielles et une huile grasse, sur l'alcool, sur un petit nombre de dissolutions, et sur quelques autres matières transparentes, voilà ce qu'il me reste encore à faire avant que je puisse regarder les données expérimentales comme assez complètes pour aborder fructueusement la discussion de la théorie de la dispersion.

Pourvu de semblables résultats soigneusement choisis, je pourrais entrer peut-être avec quelque fruit dans le champ exploité par MM. Schrauf, Landolt, Montigny et autres. Je ne sais où me conduira la suite de mes recherches; mais plus que je m'y avance plus je vois le champ s'élargir, et plus aussi je vois se reculer la vérité, que je croyais pouvoir saisir de prime abord.

Si d'après la formule — *Arch.*, vol. I, fasc. 2, p. 73 — déduite de la formule de Christoffel, on calcule le coefficient du troisième terme à l'aide de la première constante et du coefficient du deuxième terme on trouve,

pour la formule de l'hydrure de cinnamyle :

$$N = 1{,}575443 + \frac{905722}{\lambda^2} + \frac{455620(10)^6}{\lambda^4};$$

et pour la formule I de l'essence d'anis :

$$N = 1{,}519745 + \frac{736825}{\lambda^2} + \frac{312582(10)^6}{\lambda^4}.$$

L'inspection des petites valeurs de ces coefficients du troisième terme, comparées aux valeurs obtenues par le calcul direct, montre suffisamment que la vérité semble se voiler à mesure que mes recherches avancent. Mais l'observation et l'expérience, et elles seules, ne manqueront pas tôt ou tard de la mettre au jour.

Explication des tables.

Le table I renferme plusieurs raies dont la longueur d'onde n'a pas encore été donnée par moi, mais sur lesquelles je me propose de revenir plus tard. Entraîné par le dédoublement remarquable de certaines raies et par la netteté inusitée de quelques autres, — l'un et l'autre par suite de l'étendue du spectre de réfraction auquel j'avais affaire, — je ne pus résister au désir de comprendre ces raies supplémentaires dans les mesures, et je consigne ici les résultats avec les autres uniquement afin qu'ils ne se perdent pas. Toutefois, pour ne pas surcharger ma liste en augmentant inutilement le nombre des signes et des numéros d'ordre, j'ai rapporté ces points accessoires à celles des raies primitives dont ils se rapprochent le plus, en les distinguant par un astérisque. Partout où j'ai observé le dédoublement d'une raie que j'avais regardée comme simple dans mes mesures avec les réseaux, ou que j'avais désignée alors comme bande d'une certaine largeur, j'ai pris la plus foncée des raies observées pour le point déterminé au moyen des réseaux.

10* accompagne la raie 10 du côté le moins réfrangible et à une distance appréciable; 11* est une compagne analogue pour 11, mais plus rapprochée; 18* est une compagne moins réfrangible et très déliée du point 18 lequel, dans mes recherches sur les réseaux, figure comme raie élargie, tandis qu'en réalité il paraît résulter de la coïncidence de deux raies bien prononcées; 19*, 19, 19** et 19*** forment ensemble le petit faisceau très reconnaissable de raies séparées et déliées, qu'on voit dans mon dessin du spectre et aussi dans celui de FRAUNHOFER; 38 et 39 se sont dédoublées ici avec facilité; d'après ce qui a été dit, 38 et 39 sans astérisque sont les raies les plus foncées des deux couples, 38* et 39* les plus faibles; 40* est le commencement de la large bande G; 40 est la première, la moins réfrangible, des deux

raies foncées qu'on trouve dans cette bande, celle que j'ai toujours mesurée comme G; 40** est la seconde de ces raies, qui se trouve à peu près sur l'autre bord, le plus réfrangible, de la bande; à 44, 45, 47 et 48 s'applique ce qui a été dit au sujet de 38 et de 39.

On retrouve plusieurs de ces nouveaux points dans la table II, pour laquelle il n'y a rien à ajouter à l'explication précédente.

La table III ne présente rien de particulier. Lors des observations qui s'y rapportent l'été tirait à sa fin, et pour terminer la besogne je fus obligé de me borner à ce qui était strictement nécessaire; en m'écartant de mon but proprement dit j'aurais risqué de voir le mauvais temps rendre les observations impossibles. Mes craintes à cet égard n'avaient pas été vaines, car, ce travail achevé, je ne pus plus rien entreprendre avec succès.

HARLEM, 27 Décembre 1867.

SUR L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

SUR LES INDICES DE RÉFRACTION DU PRISME MERZ No. II,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. Depuis que, dans un Mémoire précédent, consacré à l'examen du prisme Merz n°. I, j'avais trouvé que la variation de l'indice de réfraction avec la température suit une marche toute spéciale quand la longueur d'onde change, j'étais impatient d'étudier de plus près ce phénomène intéressant. Je ne pouvais, il est vrai, donner la température propre du prisme; la température du local d'observation était la seule qu'il fût en mon pouvoir de déterminer exactement. Mais il était permis de supposer qu'après un temps d'exposition suffisant le prisme se trouverait, à peu près, en équilibre de température avec le milieu ambiant. En mesurant le matin, d'aussi bonne heure que possible, un certain nombre de raies, je pouvais bien admettre que le prisme partageait encore la basse température de l'appartement; et lorsque, après des heures entières de travail et de mesures, pendant lesquelles le thermomètre avait constamment monté, je déterminais de nouveau les angles de déviation des mêmes raies, vers le moment où la température du local avait atteint son maximum ou était voisine de ce point, je pouvais présumer que le prisme possédait cette même température; ou au moins, j'étais autorisé à croire que l'écart de la première température et celui de la seconde se compenseraient, à peu de chose près, dans leur différence. En opérant de cette manière, j'avais en même temps l'avantage d'employer la plus grande différence de température qu'il fût possible de mettre entre les observations ce jour-là.

Comme j'avais reconnu que le prisme Merz n°. II était tout à fait

du même verre que le prisme n°. I, je résolus de faire servir simplement le premier à la recherche que j'avais en vue.

2. La seule condition à remplir dans ces expériences était de laisser le prisme dans une position invariable sur la plate-forme du spectromètre, pendant tout le temps qui devait s'écouler entre les premières observations et les dernières; il fallait en outre, pour le succès, tomber précisément sur une journée où le ciel demeurât pur jusqu'après l'achèvement des dernières mesures. L'intervalle entre les deux groupes d'observations pouvait convenablement être utilisé pour exécuter une série entière de mesures spectrales, et c'est ainsi qu'ont été obtenues, en partie, les séries dont le calcul fait l'objet du Mémoire précédent.

3. Ce n'est que lors de la dernière de ces séries, le 11 Août, que mon projet réussit complétement. Je n'ai pas besoin dire dans quelle tension d'esprit me mettait la crainte de voir le ciel se voiler avant le moment opportun, ou celle de déranger accidentellement le prisme sur la plate-forme. Le 25 Juillet et le 6 Août la réussite avait été empêchée par la première de ces circonstances; on comprend donc la satisfaction que j'éprouvai en rencontrant enfin, le 11 Août, toutes les conditions nécessaires à l'exécution de mon plan. D'ailleurs, quant aux deux autres jours, les séries d'observations destinées au Mémoire précédent n'ont pas laissé de me fournir encore des résultats passables pour la variation dont il s'agit.

La table IV donne un aperçu complet des observations du 11 Août, dont il vient d'être question, et des résultats que j'en ai déduits. Les indications que présente la table elle-même et l'explication qui se trouve à la fin de cette Note, me dispensent ici de tout autre éclaircissement. La table ne contient pas les observations originales du 25 Juillet et du 6 Août; celles du 11 Août, qui y sont communiquées *in extenso,* sont les plus parfaites, et par suite les plus propres à donner une idée exacte de la méthode dont il s'agit.

4. Je vais faire connaître néanmoins, comme termes de comparaison, les résultats finals de ces deux systèmes incomplets d'observations. Je placerai à côté, pour la facilité de l'examen, les résultats V de ma Note sur la réfraction et la dispersion du flint-glass, *Arch.* pag. 69, en substituant toutefois aux indices de réfraction les raies correspondantes du spectre; je répéterai en même temps, pour le même motif, les résultats définitifs de la table IV.

PRISME MERZ n°. I. — PRISME MERZ n°. II.

	Septembre 1866.		25 Juillet 1867 A.				6 Août B.		½ (A + B).	11 Août.
	Δn pour 10°C.		Δ T	Δ n	Δn pour 10°C.	Δ T	Δ n	Δn pour 10°C.	Δn pour 10°C.	Δn pour 10°C.
2β	− 0,000049	1β	3°,7	−0,000003	−0,000008	1°,6	+0,000001	+0,000006	−0,000001	− 0,000023
5	+ 07	3α	3,7	+ 14	+ 38	2,9	16	56	+ 47	+ 23
9	09	4β	3,9	06	15	2,6	− 14	− 53	− 19	06
14α	16	5	3,9	35	89	2,4	+ 19	+ 80	+ 84	23
18	35	14γ	4,1	06	15	4,6	50	108	67	23
23	20	25	4,5	41	92	4,9	65	133	112	53
27γ	24	34	4,6	36	78	4,2	106	251	165	94
32	48	40	5,1	51	101	3,7	51	138	120	100
36β	63	44	5,4	61	113	3,4	87	255	184	109
42	86	46	5,8	117	202	3,1	50	161	181	109
45	83	48	5,8	63	109	2,9	24	82	96	103

Les résultats tirés de la Note citée ont été obtenus en combinant des observations de jours différents, et malgré cela ils accusent encore admirablement bien la marche générale du phénomène. Cela n'a certainement été possible que grâce à l'extrême perfection avec laquelle le prisme Merz n°. I a été taillé, comme le montrent les valeurs trouvées à des dates distinctes pour l'angle réfringent du prisme et rapportées p. 65 de la Note. Cette perfection seule a pu faire que des observations exécutées lorsque le prisme occupait sur la plate-forme des positions nécessairement différentes — lorsque, par conséquent, les rayons lumineux traversaient les faces latérales en des points inégalement éloignés de l'arête réfringente — concordaient encore suffisamment pour mettre en évidence des différences aussi faibles que celles dont il s'agit ici. A cette époque, mon attention ne s'était pas encore fixée sur ces défauts des faces latérales et sur l'influence qu'ils pourraient exercer sur mes observations; confiant dans la bonté de mes prismes, j'avais travaillé sans avoir égard à cette influence. Pour le prisme Merz n°. II, dont les faces latérales sont moins parfaites, ainsi que j'en ai fait la remarque dans le Mémoire précédent, à l'occasion de la mesure de l'angle réfringent, je me garderai bien d'amalgamer des observations relatives à des positions différentes, en vue d'en faire sortir la variation dont nous nous occupons.

Je me permettrai encore la combinaison suivante avec les résultats du prisme Merz n°. II: je prends dans les deux colonnes terminales $\frac{1}{2}$ (A + B) et 11 Août du tableau précédent la moyenne des nombres appartenant à 1β et 3α, et de même la moyenne de ceux qui se rapportent à 4β et 5, ce qui réduit les résultats à neuf. Ensuite je prends la moyenne des deux colonnes ainsi modifiées, ce qui me donne:

	Δn *pour* 10°C. $\frac{1}{2}$ (A + B)	Δn *pour* 10°C. 11 Août.	Δn *pour* 10°C. moyenne.
$1\beta - 3\alpha$	+0,000023	0,000000	+0,000011
$4\beta - 5$	32	20	26
14γ	67	23	45
25	112	53	83
34	165	94	130
40	120	100	110
44	184	109	147
46	181	109	150
48	96	103	100

Je suis loin de regarder ces moyennes comme plus exactes que les résultats propres du 11 Août, ou de vouloir prétendre que les valeurs absolues arrivent par ce moyen plus près de la vérité. Tout ce que j'ai voulu montrer, c'est que la marche générale de la variation est conservée dans ces moyennes et même qu'elle s'y dessine encore plus clairement.

5. Ce que j'avais conjecturé à l'égard du prisme Merz n°. I, dans ma Note précédente, se trouve ainsi vérifié par mes observations actuelles, et même les valeurs absolues que j'avais attribuées alors à la variation pour 10° C. ne s'éloignent pas beaucoup des résultats correspondants du 11 Août. Il y a donc accord entre ces deux prismes pris dans un même bloc de verre. Je n'ai épargné ni temps ni peine dans mon travail, et je n'ai souvenir ni conscience d'aucune cause d'erreur pouvant en infirmer le résultat à mes yeux. Je regarde donc l'accroissement anormal de l'indice de réfraction dans ce verre, et en général dans tous les corps solides où il peut se présenter, comme un phénomène secondaire, qui ne doit pas être rangé sous la rubrique ordinaire, mais qui dépend de l'état d'élasticité ou de tension de la masse, et est, en conséquence, variable avec la longueur d'onde. L'influence secondaire dont il s'agit ici est tellement puissante, que non-seulement elle annule complétement le décroissement normal que l'indice subit, par suite de la dilatation, quand la température s'élève, mais qu'on observe même, entre les limites du spectre visible, un reste secondaire de sens opposé. Dans la supposition d'un pouvoir réfringent constant, et en admettant que le verre de mes prismes se dilate de $\frac{1}{4500} = 0{,}00022$ de son volume pour 10° C., je trouve que le décroissement normal de l'indice s'élève à 0,00013 pour 10° C. Ce nombre, rapproché des résultats trouvés plus haut, permet d'apprécier, jusqu'à un certain point, l'influence de la cause secondaire, qui voile ici l'effet normal de l'élévation de température; si je suis amené un jour à reprendre l'étude de ce phénomène, je choisirai une voie directe, en faisant usage des lames minces que je possède déjà pour les diverses qualités de verre de mes prismes.

Explication de la Table IV.

Le tableau 1 fait connaître les températures du local d'observation déterminées à l'aide du thermomètre K. N°. I : la première colonne donne l'heure marquée par ma montre, la seconde la température annotée.

Dans le tableau 2 on trouve les déviations minima mesurées, avec les températures correspondantes; la première colonne donne l'instant présumé de l'observation; la seconde, la température du local d'observation déduite, par interpolation, du tableau 1, à l'aide du temps présumé; la troisième, la déviation minima mesurée. Les données de ce tableau sont distribuées en trois groupes.

Dans le premier, on voit les déviations pour 11 points, de $1/\beta$ à 48, répartis autant que possible sur différentes parties du spectre, et observés le matin d'aussi bonne heure que possible; puis, immédiatement après, les mêmes 11 points ont été mesurés de nouveau, en sens inverse, afin de pouvoir, en prenant les moyennes, éliminer les inégalités de température et augmenter ainsi l'exactitude des résultats. Le second groupe, qui occupe la fin du tableau, renferme les observations faites à une heure beaucoup plus chaude de la même journée, sans que d'ailleurs, dans l'intervalle, la position du prisme sur la plate-forme eût été en rien dérangée; ces observations sont relatives aux mêmes 11 points du premier groupe, mesurés encore, et pour un motif semblable, d'abord dans un sens, puis, immédiatement après, en sens opposé.

Entre ces deux groupes, et séparé de chacun d'eux par une barre horizontale, s'en trouve un troisième qui contient, toujours pour les mêmes 11 points, les mesures empruntées à la série générale, exécutée entre $9^h\ 20'$ et $12^h\ 50'$ et dont les résultats ont été employés dans le second Mémoire de ce Fascicule. Ces nombres ne sont reproduits ici que pour servir de contrôle; ils sont accompagnés, comme les autres, du temps présumé de l'observation et de la température calculée par interpolation; mais les températures observées directement, et qui ont fourni les éléments de cette interpolation, ont été omises dans le tableau 1. Le tableau montre qu'il m'a fallu, en moyenne, trois à quatre minutes pour l'observation et l'annotation d'une raie; c'est sur ce pied qu'a eu lieu approximativement l'estimation du temps, qui m'était nécessaire pour l'interpolation de la température.

Le tableau 3 donne d'abord les moyennes de température et de déviation, obtenues en combinant deux à deux les 22 premières observa-

'able IV.

Qui montre la variat
pou

1. Températures observées.		Ten	
Heure	Temp.		h.
7h55'	16°,8	4β	7h5
		5	8-3
8-12	17,2	3α	8-7

dé
l'h

les
pr
va
su
tal

ré
le
les
de
ra
qu
be
l'i
dé
m
da

ho
m
té
le
ici
du
in
fo
L
po
lie
po

vi

tions du tableau 2, avec les indices de réfraction qu'on en a déduits à l'aide de l'angle réfringent 59° 56′ 43″,4. J'ai tenu compte, dans ces indices, de la sixième décimale, bien que je ne me cache pas que cette décimale ne peut avoir qu'une exactitude et une valeur relativement faible. Viennent ensuite les moyennes des 22 dernières observations du tableau 2, moyennes obtenues et calculées comme les précédentes; enfin les 11 mesures — également avec l'indice calculé — qui sont empruntées à la série générale et figurent au centre du tableau 2. L'exactitude de ces 11 derniers résultats doit être inférieure à celle des autres, car, au lieu de résulter comme ceux-ci de deux mesures distinctes, ils ne reposent tous que sur une détermination unique.

On ne doit pas s'étonner de voir mentionnés dans ce tableau les dixièmes de seconde, tandis que l'instrument ne permet de pousser la lecture que jusqu'à deux secondes. D'abord, il m'était encore facile d'estimer les demi-divisions des têtes de vis des microscopes. D'un autre côté, les foyers des microscopes n'étaient pas tellement réglés que la distance entre deux traits de division du cercle — c'est-à-dire 6′ — comprît exactement 180 divisions sur les têtes des deux vis micrométriques; une série d'observations m'avait appris depuis longtemps que cette distance de 6′ correspondait à très peu près, en moyenne, à 184 divisions sur la tête de la vis micrométrique du microscope placé près du collimateur et le plus rapproché, par conséquent, du zéro de la graduation; et qu'elle répondait de même à environ 181 divisions sur la tête de l'autre vis micrométrique placée près de la lunette d'observation. J'ai donc constamment diminué de $\frac{1}{41}$ les indications de la première vis, et de $\frac{1}{181}$ celles de la seconde, ce qui a introduit tout naturellement les dixièmes de seconde, et j'ai pris la somme des deux indications pour obtenir le nombre total de secondes dont j'avais à tenir compte. J'ai opéré ainsi parce que, tout comme dans des occasions précédentes, je ne voulais pas perdre de temps à régler minutieusement les microscopes, alors que chaque journée sereine m'était si précieuse.

Le tableau 4 [1]) donne les différences de température et d'indice qui résultent, par soustraction, des 22 premiers résultats du tableau 3, ainsi que les valeurs qu'on en a déduites pour la variation de l'indice pour 10° C. de température, ces valeurs calculées avec 6 décimales.

Les 11 derniers résultats du tableau 3 peuvent maintenant être considérés comme offrant un contrôle facile et d'une exactitude tolérable.

[1]) Dans ce tableau s'est glissée une faute; dernière la raie 40 lisez dans la troisième colonne 70 et dans la quatrième 100 au lieu de 60 et 86.

SUR LA RÉFRACTION DE L'EAU.

1. L'importance du sujet m'engage et m'autorise à revenir encore une fois sur les indices de réfraction de l'eau. Cette matière, si abondamment et si universellement répandue dans la nature, est peut-être, malgré le peu d'énergie de son pouvoir dispersif, plus propre que toute autre à servir au contrôle et à la comparaison des résultats obtenus par des observateurs différents. En outre, la simplicité de la composition chimique de l'eau a déjà conduit à faire choix de ses indices de réfraction comme point de départ de certaines recherches théoriques.

La table V réunit d'abord mes observations personnelles avec celles de MM. Dale et Gladstone et Baden Powell, et avec celles de Fraunhofer, toutes réduites à la température de 20° C. Les chiffres superflus ont été supprimés autant que possible; la quatrième série de mes propres observations, qui embrasse le plus grand nombre de points du spectre, donne seule les indices d'une manière complète. Les résultats des savants anglais ne vont que jusqu'à la 4e décimale; la 5e, qui ne figure ici que par suite des réductions, ne doit donc inspirer qu'une confiance médiocre. A côté de chacune des cinq premières séries, on voit une petite colonne dans laquelle se trouve indiqué, en unités de la cinquième décimale, de combien chaque nombre est surpassé par le résultat correspondant de Fraunhofer. Au bas de chaque série on a inscrit la variation de l'indice de réfraction trouvée pour 1° C., et en second lieu la valeur de l'indice moyen, lequel se rapproche beaucoup de celui du point *b*.

Afin de pouvoir comparer aussi les résultats directs de l'observation, on trouve ensuite sur la même table les séries originales avec leurs températures propres, sauf celle des savants anglais, qui ne pouvait être ici d'aucune utilité vu l'absence primitive de la cinquième décimale. Pour chacune de mes quatre séries j'ai cherché, par la méthode des moindres carrés, la formule la plus probable; ces formules sont distinguées dans la table par les chiffres I à IV. A cause des valeurs parti-

culières que les coefficients prennent dans les formules de condition, et du petit nombre de points donnés pour le passage de la courbe, les nombres de FRAUNHOFER, de même que les sept résultats correspondants de ma série IV, ne se prêtaient pas bien à l'application du calcul des probabilités. Pour ces cas, j'ai donc été réduit à chercher par tâtonnement les formules qui s'adaptaient le mieux aux résultats numériques, celles qui laissaient subsister les écarts les plus faibles; les expressions ainsi obtenues se trouvent à la suite des précédentes, marquées FRAUNH. et IV*. Les écarts restants, *calcul moins observation*, se voient partout indiqués dans les petites colonnes, et les sommes de leurs carrés sont inscrites au bas de ces colonnes.

2. Mes trois premières séries de déterminations des indices de l'eau datent de recherches antérieures, et sont empruntées à mon *Mémoire sur les indices de réfraction et sur la dispersion des mélanges d'acide sulfurique et d'eau.* En les exécutant, j'avais primitivement pour but essentiel de rattacher les unes aux autres, par une sorte de lien commun, les mesures que je prenais à des époques successives sur les mélanges en question, et d'obtenir pour ces mesures un moyen commode de comparaison mutuelle. En consultant pour ces trois séries, dans les tables du Mémoire cité, les en-tête des colonnes, qui marquent au moyen de lettres les différentes positions des verres obturateurs, on verra, par là-même, qu'elles appartiennent aux première, seconde et quatrième périodes de mes recherches. On pourra vérifier, par le même moyen, que les deux séries du liquide XVIII étaient originairement destinées à lier par un mélange commun la seconde et la troisième période. Dans mes recherches actuelles, exécutées avec un prisme entièrement différent, j'ai de nouveau fait choix de l'eau comme matière devant servir à établir une certaine connexion entre les résultats de ces recherches et mes mesures anciennes.

3. Si maintenant nous considérons tous ces résultats obtenus avec l'eau, tels qu'ils sont consignés dans la table V, nous voyons qu'ils n'ont pu servir pour l'objet que j'avais en vue. Je m'en étais déjà aperçu pendant la rédaction de mon Mémoire sur les mélanges d'acide sulfurique, et c'est pourquoi j'avais passé ce point sous silence. Il s'en faut de beaucoup pourtant que ces différentes séries de mesures soient dépourvues d'intérêt et d'importance réelle. Elles montrent des écarts constants l'une par rapport à l'autre, et il n'y a pas de doute que ces écarts ne proviennent d'impuretés contenues dans l'eau dont je m'étais approvisionné à des reprises différentes et que j'avais regardée comme chimiquement pure. Comme j'ignorais s'il fallait attribuer un rôle à l'air dissous dans l'eau, j'ai été conduit par ces séries à opérer sur l'eau bouillie, et l'on trouve dans le premier Mémoire du présent Fascicule les résul-

tats ainsi obtenus. Ne fût-ce qu'en raison de cette circonstance, les écarts entre mes différentes séries auraient déjà eu une utilité incontestable.

En prenant dans chacune des cinq séries la différence des indices pour B et G et pour B et H, on trouve:

	$n_G - n_B$	$n_H - n_B$
I	1017	1304
II	1020	1312
III	1013	1305
IV	1016	1304
FRAUNHOFER	1032	1321
Moyenne de I et IV.	1016	1304

Ce résultat montre que la largeur du spectre est un peu variable; elle est le plus faible pour mes séries I et IV, et devient le plus forte pour la série de FRAUNHOFER. En présence des variations relativement petites que montrent ces largeurs en passant de l'un à l'autre de mes spectres, les inexactitudes dont sont affectées les mesures de la raie A paraissent être trop considérables pour que cette variation se manifeste encore quand on commence avec cette raie au lieu de B. On juge encore mieux de ce changement de largeur du spectre, quand on consulte les colonnes des différences de la première partie de la table; dans chacune de ces colonnes, en effet, les différences croissent depuis l'extrémité la moins réfrangible jusqu'à la plus réfrangible. De toute manière, on voit que l'eau dont s'est servi FRAUNHOFER a dû être un autre liquide que l'eau de mes séries I et IV, c'est-à-dire qu'elle a dû être de l'eau impure; et cette conclusion ne paraîtra pas trop hasardée si l'on réfléchit que les observations de FRAUNHOFER datent déjà d'il y a un demi-siècle. Si l'on établit une comparaison entre mes différentes séries et la série des savants anglais, — bien que celle-ci soit très imparfaite, en raison de l'absence originelle de la cinquième décimale, — on trouve que mes séries I et IV s'accordent très bien avec la moyenne de DALE et GLADSTONE et de BADEN POWELL. Si, enfin, on compare mes séries entre elles, on voit qu'il y a un accord remarquable entre I et IV; III ne s'écarte pas encore beaucoup de la moyenne de I et IV; II s'en éloigne relativement davantage; et, chose assez singulière, la marche des écarts est ici tout autre que pour la série de FRAUNHOFER; elle se caractérise essentiellement par des inflexions près de D et F. L'eau des séries II et III n'était donc pas non plus d'une pureté absolue, et l'impureté paraît y avoir été d'une autre nature que dans l'eau de FRAUNHOFER; j'ignore en quoi elle a pu consister, mais je suis disposé

à croire qu'elle n'était pas propre, primitivement, à l'eau distillée, mais provenait plutôt du flacon dans lequel celle-ci me fut livrée.

4. Si je considère maintenant l'accord intime que mes séries I et IV présentent entre elles et avec les résultats des savants anglais, et si je réfléchis en même temps que toutes les impuretés ont très probablement pour effet d'augmenter l'indice de réfraction de l'eau; si je fais attention en outre, que les deux séries dont la série IV est la moyenne concordaient aussi d'une manière très satisfaisante, comme on peut le voir dans mon Mémoire p. 182; alors je n'hésite pas un instant à regarder ces séries I et IV comme donnant les indices de l'eau pure, et à tenir la série IV pour la plus parfaite des deux, outre qu'elle est, par suite de l'accession du point $\overline{\overline{H}}$, aussi la plus complète. Les séries II et III n'en conservent pas moins leur utilité comme termes de comparaison; c'est ainsi qu'elles nous apprennent immédiatement, par la confrontation des écarts, que la différence relativement trop forte qui existe entre les résultats de I et IV pour le point $\overline{\overline{H}}$, doit être mise pour la plus grande partie sur le compte d'une erreur de la série I. La valeur de la variation de l'indice pour 1° C., telle qu'elle se déduit de la série IV, est aussi si voisine de la moyenne générale, qu'il est permis de la regarder également comme celle qui se rapproche le plus de la vérité.

J'ai tout lieu, comme on voit, d'être satisfait du degré de perfection de la série IV. Je regrette seulement d'avoir dû consacrer antérieurement, par suite de circonstances étrangères et d'une expérience insuffisante, tant de peine à une recherche que j'ai pu accomplir maintenant en un temps beaucoup plus court.

5. Outre la série relative à l'eau, nous avons encore de Fraunhofer une série de mesures relatives à l'essence de térébenthine, que je puis comparer également avec mes propres résultats. Le tableau suivant donne cette comparaison pour les sept raies principales; j'ai réduit mes résultats à la température de 10°,62 C, celle de Fraunhofer, à l'aide du coefficient, supposé variable, de la diminution avec la température [1]).

	v. D. W.	F.	W.—F.
B	1,47342	1,47050	292
C	1,47448	1,47153	295
D	1,47738	1,47443	295
E	1,48119	1,47835	284
F	1,48459	1,48174	285
G	1,49106	1,48820	286
H	1,49678	1,49387	291

[1]) Voyez Schumacher's *Astron. Abhandl.* II p. 31. et la table f. p. 183.

A l'inspection de ces chiffres on ne peut guère douter que la térébenthine dont s'est servi FRAUNHOFER ne fût plus légère que celle dont j'ai fait usage moi-même. Celle de FRAUNHOFER possédait à 10°,62 C. une densité de 0.885. La mienne m'a donné 0,88735 à la température de 18°,12 C.; en réduisant cette valeur à la température de 10°,62 C., à l'aide du coefficient de dilatation, il est vrai assez défectueux, 0,00085, on trouve 0,89372, nombre qui, effectivement, surpasse celui de FRAUNHOFER d'une manière assez notable. L'essence de térébenthine que j'ai employée tenait donc probablement plus de résine en dissolution, quoique sous tout autre rapport elle fût certainement pure. En présence de cette différence relativement considérable entre les deux liquides, nous avons à nous étonner seulement de la constance que conserve, pour les diverses raies, la différence des indices.

6. La marche particulière qu'affectent les coefficients des second et troisième termes, dans les formules relatives à mes quatre échantillons d'eau, me semble encore mériter quelque attention; ces coefficients augmentent tous les deux à mesure que l'eau devient plus pure. Le plus faibles pour II, qui s'écarte le plus, ils deviennent le plus forts pour IV. Ainsi donc la partie variable de la formule de l'indice croît en même temps que le degré de pureté de l'eau.

La circonstance que ces deux coefficients sont plus grands dans IV que dans I peut tenir à l'introduction d'une nouvelle raie $\overline{\overline{H}}$ appartenant à l'extrémité la plus réfrangible du spectre, introduction qui avait précisément pour but de renforcer l'influence de cette extrémité. Les sommes des carrés des écarts restants sont les plus grandes pour l'eau la plus pure. Ces sommes n'ont aucun poids pour FRAUNH. et IV*, la correspondance de la formule aux observations n'ayant pu être établie, pour ces cas, par un calcul rigoureux.

7. Le signe négatif que nous sommes conduits à donner ici au troisième terme de la formule, aurait-il un fondement réel dans la nature des phénomènes? Je suis porté à l'admettre, surtout parce que je vois ce signe se maintenir pour toutes les dissolutions de mon premier Mémoire p. 185 table h., et même dans les formules défectueuses pour FRAUNH. et IV*. S'il en est ainsi, la formule suivante donne une représentation exacte et conforme à la nature de la marche de l'indice de réfraction pour l'eau à 19°,8 C:

$$\text{IV} \quad n = 1,323002 + \frac{364357}{\lambda^2} - \frac{676506(10)^6}{\lambda^4} = A + \frac{B}{\lambda^2} - \frac{C}{\lambda^4};$$

dans cette formule, pour chaque degré de l'échelle centigrade dont la température s'élève ou s'abaisse, entre des limites très rapprochées, il

n'y a qu'à diminuer ou à augmenter de 0,000091 le premier terme. Pour $\lambda = \infty$ on a $n = 1,323002$; cet indice serait, suivant la formule, la limite de réfraction du spectre, tant visible qu'invisible, au côté le moins réfrangible, ou plutôt la limite des plus petits indices. La formule a en outre un maximum déterminé par $\frac{2\,B}{\lambda^3} = \frac{4\,C}{\lambda^5}$ ou $\frac{B}{\lambda^3} = \frac{2\,C}{\lambda^5}$, d'où $\lambda^2 = \frac{2\,C}{B}$ et $\lambda = \sqrt{\frac{2\,C}{B}}$. Avec les valeurs de B et de C de la formule, cette expression donne $\lambda = 1927$, et pour la valeur du maximum correspondant on obtient $n = 1,372061$. A partir de ce maximum l'indice décroît de nouveau, et sa courbe coupe l'axe pour $\lambda = 768,5$; c'est-à-dire n devient $= 0$ pour cette valeur de λ. Mais ce ne sont là sans doute que des spéculations théoriques, sans réalité objective, et les moyens de vérifier ces singuliers résultats resteront bien toujours un *desideratum* de la science. Pourtant il ne serait pas impossible qu'il existât une espèce de maximum, et que la limite indiquée au côté le moins réfrangible du spectre approchât au moins quelque peu de la vérité.

8. L'hypothèse que le pouvoir dispersif $\frac{n^2 - 1}{d}$, — expression dans laquelle n est l'indice de réfraction et d la densité, — est pour un milieu réfringent donné une grandeur constante repose, comme on sait, sur des motifs sérieux; entre autres sur celui-ci, que $\frac{n^2 - 1}{1}$ exprime le rapport entre la quantité d'éther qui est entraînée par le prisme lorsqu'il se déplace et celle qui reste en repos, ainsi que FRESNEL a dû l'admettre dans la lettre bien connue [1]) où il s'est proposé d'expliquer le fait: que l'addition ou la soustraction de la vitesse propre de la terre dans son orbite et de la vitesse de la lumière n'exerce aucune influence sur la direction du rayon réfracté. Ce même rapport entre l'éther déplacé et l'éther en repos est d'ailleurs tout aussi nécessaire pour l'explication du phénomène de l'aberration de BRADLEY.

Il est une question toutefois qui fait matière à discussion entre des chimistes cités plus haut et beaucoup d'autres observateurs, tels que LORENZ, KETTELER, DALE et GLADSTONE; c'est celle de savoir si, au lieu de $\frac{n^2 - 1}{d}$, il ne faudrait pas regarder comme constante l'expression $\frac{n - 1}{d}$ ou, si l'on veut, $\frac{A - 1}{d}$ dans laquelle A représente le premier terme de la formule de CAUCHY.

[1]) *Annales de Chimie*, 2e série, T. IX, p. 57.

La manière la plus simple dont on puisse faire varier d consiste à faire varier la température. La première formule donne alors $\frac{\delta n}{\delta T} = \frac{n^2 - 1}{2nd} \frac{\delta d}{\delta T}$, et la seconde $\frac{\delta n}{\delta T} = \frac{n - 1}{d} \frac{\delta d}{\delta T}$; en posant dans ces expressions $\delta T = 1°$, elles feront connaître la variation de l'indice de réfraction relative à la température au moyen des valeurs de n, d et δd. Le calcul de δn d'après l'une et d'après l'autre formule, et la comparaison avec l'expérience peuvent, à ce point de vue, fournir un moyen d'apprécier les titres de chacune à être adoptée de préférence.

J'ai fait ce calcul pour l'eau et pour quelques-uns des autres liquides du présent Fascicule. Pour l'eau, j'ai pris simplement les valeurs de d et de δd dans les Tables de Despretz. Les densités ont été réduites à la température des indices de réfraction; je désigne ci-dessous par A la valeur de δn obtenue expérimentalement, par B celle qui se déduit par le calcul de la première formule, par C celle qui résulte de la seconde. Comme indices de réfraction et leurs variations, j'ai pris les valeurs moyennes qui figurent au bas des tables de réfraction *a—f*, dont les premières sont très voisines des valeurs relatives à *b*. J'ai trouvé:

	T	A	B	C
Eau	21°,5	9,1	6,5	7,4
Am Cl	24,5	13,1	9,5	11,0
Na Cl. II	23,2	16,6	15,1	17,5
Ca Cl. III	21,5	19,0	21,9	25,7
Éther	19,4	62,3	50,4	58,0
Térébenthine	20,7	52,6	38,4	45,8

J'attache une certaine importance à ces chiffres, qui paraissent indiquer que ni l'une ni l'autre formule n'exprime la vérité, mais que la seconde s'en approche, en tout cas, plus que la première. Il est probable que les résultats trop grands du calcul proviennent de valeurs fautives de δd.

Harlem, 27 Décembre 1867.

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

e V.

eur
la
ses
ant
act
on-
tre

M.
ion
des
ule
lui

ie,
eur
rse
ine
par
ro-

La

faire

= $\frac{a}{-}$

expr
réfra
Le c
avec
les t
J'
du p
de δ
temp
valeu
par
secon
valeu
dont

J'
quel
seco
babl
faut

ÉTUDE

DE LA MARCHE

DE LA

PENDULE ASTRONOMIQUE HOHWÜ N°. 20

ET DU

CHRONOMÈTRE KNOBLICH n°. 1700,

PAR

Dr. P. J. KAISER,

Vérificateur-adjoint des Instruments nautiques de la Marine royale Néerlandaise.

Il y a deux ans M. le professeur VAN DER WILLIGEN, directeur du cabinet de physique de Teyler, à Harlem, me pria d'étudier la marche de deux horloges astronomiques qui venaient d'être acquises par le Musée Teyler. Cette étude a maintenant été continuée pendant assez longtemps pour qu'il soit possible de porter un jugement exact sur la qualité des deux appareils en question, et je me rends volontiers au désir exprimé par M. VAN DER WILLIGEN en faisant connaître les résultats obtenus à cet égard.

L'une des horloges est une pendule astronomique, construite par M. A. HOHWÜ d'Amsterdam, et l'autre un chronomètre, sans suspension dans des chapes, destiné aux usages d'un observatoire, et sortant des ateliers de M. KNOBLICH d'Altona. Dans ce qui va suivre, la pendule sera désignée sous le nom de HOHWÜ n°. 20, le chronomètre sous celui de KNOBLICH n°. 1700.

Le 18 Novembre 1865 la pendule HOHWÜ n°. 20 a été suspendue, selon la méthode connue, au pilier qui supporte le grand réfracteur de l'Observatoire de Leyde, savoir à la partie de ce pilier qui traverse la pièce où sont conservés et vérifiés les instruments de la Marine Néerlandaise. Par sa situation au côté nord de l'Observatoire et par l'épaisseur de ses murs, cette pièce offre les conditions les plus favo-

rables à l'observation de la marche des horloges en général, la température ne s'y élevant et ne s'y abaissant qu'avec beaucoup de lenteur et de régularité. — Pour rendre l'appréciation de la marche autant que possible indépendante des erreurs qu'on commet inévitablement en notant les indications de l'horloge, j'ai jugé utile de déduire la marche d'indications qui ne fussent pas prises à des intervalles trop rapprochés. On pouvait obtenir la marche journalière avec une exactitude suffisante en n'employant que les écarts hebdomadaires des indications de l'horloge. Les déterminations de l'heure qui me sont fournies par l'Observatoire, en vue des signaux de temps de la Marine Néerlandaise, devaient servir à la comparaison. Chaque mardi et vendredi soir on fait au cercle méridien une détermination exacte de l'heure, qui est appliquée aux signaux de temps du même soir, et à la comparaison hebdomadaire des chronomètres de la Marine, laquelle a lieu le samedi matin à 9 heures. C'était donc le vendredi soir, peu de temps avant ou immédiatement après la détermination astronomique de l'heure, qu'il fallait procéder à la confrontation de la pendule avec la pendule principale de l'Observatoire pour trouver les écarts avec le plus d'exactitude. Cette comparaison a, par suite, eu lieu régulièrement chaque vendredi, à 9 heures du soir. — Les températures qui correspondent aux indications journalières de la pendule ont été obtenues à l'aide d'un thermomètre qu'on consulte tous les jours à $8\frac{1}{2}$ heures du matin. Les températures moyennes hebdomadaires du local où se trouvait la pendule sont connues très exactement en prenant la moyenne des huits observations quotidiennes, comme je m'en suis assuré par des recherches spéciales entreprises au moyen de l'appareil appelé thermo-chronomètre. La hauteur barométrique moyenne de chaque semaine m'était donnée par un baromètre de Butti, qui a été livré à l'Observatoire par M. Kipp de Delft, et dont les erreurs sont déterminées par comparaison avec le baromètre affecté aux observations méridiennes; l'influence de la température sur la hauteur barométrique n'a pas été négligée. Chaque vendredi soir, immédiatement après la comparaison, on annotait l'amplitude d'oscillation du pendule, pour tâcher de découvrir quelle relation il y avait entre cette amplitude et la marche journalière. Malheureusement, il est impossible de faire l'observation, à l'œil, avec une précision suffisante. En regardant très attentivement, on peut distinguer des variations d'une couple de minutes d'arc; mais, durant une période de deux années, cette valeur n'a jamais été dépassée par la variation d'amplitude du pendule de l'horloge Hohwü n°. 20. L'amplitude est constamment restée entre $3^{\circ}\ 20'$ et $3^{\circ}\ 22'$.

lois
che
ns,
ette
ier-
, on
'in-
été
lule
elle
20,
our
été

les
l'on

t la
les
aine
ois.
pé-
tées
de
itial
hes
nes
our
nne
eur
été
oin.

ra
rat
et
po
les
tio
po
n'e
Le
en
ser
mé
sig
ch
C'
ap
la
toi
so
du
liè
co
hel
act
co
mo
mo
qu
son
vat
mé
ap
po
tu
fai
trè
mi
n'a
l'h
3

Marche	DATE	Temps moyen de	Marche

Avant de passer aux résultats proprement dits de l'examen, je dois encore faire mention d'une circonstance qui, en comparant la marche de la pendule Hohwü n°. 20, telle qu'elle ressort de mes observations, avec celle d'autres pendules astronomiques, pourrait faire regarder cette marche comme moins parfaite qu'elle n'est en réalité. Dans les recherches qui ont été publiées sur la marche de pendules astronomiques, on a toujours, pour porter un jugement équitable sur la qualité de l'instrument examiné, eu soin d'écarter les observations qui avaient été effectuées pendant la première année. On sait, en effet, qu'une pendule nouvellement construite gagne notablement en régularité après qu'elle a marché durant quelques mois. Mais pour la pendule Hohwü n°. 20, j'ai dû tenir compte de tous les résultats obtenus, dès le premier jour de l'observation, parce qu'autrement le nombre des données aurait été insuffisant pour la détermination d'une formule exacte.

La table A fait connaître les écarts de la pendule, tels que je les ai trouvés chaque vendredi soir à 9 heures, ainsi que les valeurs qu'on en déduit pour la marche diurne.

Pour apprécier l'influence que le temps, la pression de l'air et la température exercent sur la pendule Hohwü n°. 20, je condenserai les résultats de cette table, qui déterminent la marche diurne de semaine en semaine, et j'en déduirai les moyennes pour des périodes d'un mois. Les petites erreurs dont les déterminations de la marche, de la température et de la hauteur barométrique pourraient encore être affectées deviennent ainsi tout à fait inoffensives. Dans la première colonne de la table B, les périodes mensuelles sont indiquées par les jours initial et final de chacune d'elles. La deuxième colonne contient les marches diurnes moyennes de la pendule, et les troisième et quatrième colonnes donnent les indications moyennes du baromètre et du thermomètre pour les périodes indiquées dans la première colonne. La cinquième colonne renferme les marches diurnes moyennes réduites à $0^{m},760$ de hauteur barométrique et 14° du thermomètre de Celsius. Cette réduction a été opérée au moyen de coefficients sur lesquels nous reviendrons plus loin.

Table B.

PÉRIODES.			Marche diurne moyenne.	Baromètre.	Thermomètre centigr.	Marche diurne réduite.	Écart de la moyenne.
1865.							
1 Déc.	—	29 Déc.	+1ˢ,265	0ᵐ,7717	+ 5°,0	+0ˢ,813	−0ˢ,054
29 "	—	26 Janv.	+ 1,170	0,7586	+ 5,6	+ 0,879	− 0,120
1866.							
26 Janv.	—	23 Févr.	+ 1,097	0,7569	+ 6,6	+ 0,862	− 0,103
23 Févr.	—	30 Mars.	+ 1,176	0,7538	+ 4,9	+ 0,911	− 0,152
30 Mars	—	27 Avril.	+ 0,995	0,7609	+10,5	+ 0,878	− 0,119
27 Avril	—	25 Mai.	+ 0,942	0,7612	+11,9	+ 0,879	− 0,120
25 Mai	—	29 Juin.	+ 0,614	0,7597	+18,7	+ 0,788	− 0,029
29 Juin	—	27 Juillet.	+ 0,470	0,7600	+19,5	+ 0,670	+ 0,089
27 Juillet	—	31 Août.	+ 0,434	0,7558	+17,4	+ 0,604	+ 0,155
31 Août	—	28 Sept.	+ 0,460	0,7547	+15,9	+ 0,586	+ 0,173
28 Sept.	—	26 Oct.	+ 0,692	0,7647	+13,3	+ 0,617	+ 0,142
26 Oct.	—	30 Nov.	+ 0,868	0,7589	+ 8,5	+ 0,680	+ 0,079
30 Nov.	—	28 Déc.	+ 1,038	0,7604	+ 6,1	+ 0,747	+ 0,012
28 Déc.	—	25 Janv.	+ 1,015	0,7505	+ 2,1	+ 0,683	+ 0,076
1867.							
25 Janv.	—	22 Févr.	+ 1,035	0,7618	+ 6,3	+ 0,736	+ 0,023
22 Févr.	—	29 Mars.	+ 1,084	0,7582	+ 4,2	+ 0,746	+ 0,013
29 Mars	—	26 Avril.	+ 0,852	0,7550	+ 9,2	+ 0,730	+ 0,029
26 Avril	—	31 Mai.	+ 0,846	0,7580	+13,7	+ 0,857	− 0,098
31 Mai	—	28 Juin.	+ 0,675	0,7616	+18,0	+ 0,804	− 0,045
28 Juin	—	26 Juillet.	+ 0,578	0,7577	+18,0	+ 0,749	+ 0,010
26 Juillet	—	30 Août.	+ 0,544	0,7602	+19,1	+ 0,728	+ 0,031

L'influence de la température sur la marche de la pendule ne peut être déduite que de la comparaison des résultats obtenus respectivement dans les mois d'été et dans les mois d'hiver.

Pour les mois d'été on a :

		Marche.	Barom.	Thermom.
1866	Juin	+ 0ˢ,614	0ᵐ,7597	+ 18°,7
	Juillet	+ 0,470	0,7600	+ 19,5
	Août	+ 0,434	0,7558	+ 17,4
	moyenne. . .	+ 0,506	0,7585	+ 18,5
1867	Juin	+ 0,675	0,7616	+ 18,0
	Juillet	+ 0,578	0,7577	+ 18,0
	Août	+ 0,544	0,7602	+ 19,1
	moyenne. . . .	+ 0,599	0,7598	+ 18,4

L'accord qui se manifeste entre les résultats obtenus dans les années 1866 et 1867 montre que l'influence du temps sur la marche de la pendule doit être très faible. Cette influence est entièrement éliminée dans la détermination de l'effet de la chaleur, lorsqu'on compare la moyenne des deux résultats ci-dessus avec la marche observée pendant les mois d'hiver intermédiaires. Cette moyenne donne :

Marche = + 0^s,552, pour Barom. 0^m,7591, Thermom. + 18°,45.

Pour les mois d'hiver on a :

	Marche.	Barom.	Thermom.
1866 Décembre	+ 1^s,038	0^m,7604	+ 6°,1
1867 Janvier	+ 1,015	0,7505	+ 2,1
1867 Février	+ 1,035	0,7618	+ 6,3
moyenne.	+ 1,029	0,7575	+ 4,83
correction	+ 0,019	0,0016	+
	+ 1,048	0,7591	+ 4,83

La hauteur moyenne du baromètre pendant les mois d'hiver est très rapprochée de celle qui correspond aux mois d'été. Afin d'obtenir les marches hyémales et estivales pour une même pression atmosphérique, j'ai apporté une petite correction à la marche pendant les mois d'hiver, en me servant pour cette correction du coefficient barométrique déterminé antérieurement pour la pendule Hohwü n°. 17, qui est la pendule régulatrice de l'Observatoire de Leyde. Il est clair que les coefficients de l'influence barométrique ne peuvent différer beaucoup pour des pendules construites exactement de la même manière, et il était donc permis de faire usage du coefficient indiqué, surtout eu égard à l'insignifiance des différences barométriques. D'après le résultat obtenu, la variation qu'éprouve la marche de la pendule Hohwü n°. 20 pour 13°,62 C. s'élève à — 0^s,496. La variation de marche pour 1° C. est donc égale à — 0^s,03642.

La détermination de l'influence que la pression de l'air exerce sur la marche de la pendule ne peut être déduite des moyennes mensuelles de la marche diurne, de la température et de la hauteur barométrique, parce que, dans des périodes d'aussi longue durée, les moyennes barométriques ne diffèrent pas assez entre elles. J'ai eu recours aux moyennes hebdomadaires de la marche diurne, et parmi ces moyennes j'en ai choisi une douzaine correspondant à de fortes pressions barométriques, et un nombre égal se rapportant à de basses pressions. Voici ces valeurs :

Hauteurs barométriques fortes.

PÉRIODES.		Marche diurne.	Baromètre.	Thermomètre centigrade.
1865.				
8 Déc.	— 15 Déc.	+ 1s,31	0m,7776	+ 4°,75
15 "	— 22 "	+ 1,28	0,7752	+ 5,63
22 "	— 29 "	+ 1,41	0,7711	+ 3,38
1866.				
19 Janv.	— 26 Janv.	+ 1,18	0,7670	+ 7,63
20 Avril	— 27 Avril.	+ 0,99	0,7668	+ 12,00
18 Mai	— 25 Mai.	+ 0,97	0,7662	+ 12,88
6 Juillet	— 13 Juillet.	+ 0,56	0,7659	+ 18,25
5 Oct.	— 12 Oct.	+ 0,72	0,7680	+ 14,65
1867.				
15 Févr.	— 22 Févr.	+ 1,06	0,7693	+ 8,25
22 "	— 1 Mars.	+ 1,06	0,7668	+ 6,88
1 Mars	— 8 "	+ 1,18	0,7655	+ 3,63
21 Juin	— 28 Juin.	+ 0,67	0,7652	+ 18,38
moyenne.		+ 1,032	0,7695	+ 9,69

Hauteurs barométriques faibles.

PÉRIODES.		Marche diurne.	Baromètre.	Thermomètre centigrade.
1866.				
5 Janv.	— 12 Janv.	+ 1s,06	0m,7470	+ 4°,75
9 Févr.	— 16 Févr.	+ 1,01	0,7489	+ 7,13
23 "	— 2 Mars.	+ 1,15	0,7498	+ 4,25
2 Mars	— 9 "	+ 1,22	0,7515	+ 3,88
16 "	— 23 "	+ 1,09	0,7496	+ 5,50
29 Juin	— 6 Juillet.	+ 0,33	0,7502	+ 20,38
3 Août	— 10 Août.	+ 0,36	0,7520	+ 17,13
28 Déc.	— 4 Janv.	+ 0,88	0,7468	+ 4,75
1867.				
4 Janv.	— 11 Janv.	+ 0,96	0,7466	+ 3,00
11 "	— 18 "	+ 1,06	0,7506	+ 1,63
1 Févr.	— 8 Févr.	+ 0,95	0,7507	+ 6,13
12 Juillet	— 19 Juillet.	+ 0,49	0,7517	+ 18,25
moyenne.		+ 0,880	0,7496	+ 8,06

Si, à l'aide de l'influence déjà connue de la chaleur, on réduit la marche moyenne pour les hautes pressions barométriques à la même température que la marche pour les basses pressions, on obtient les deux résultats définitifs suivants :

Marche	$= + 1^s,091$,	pour Barom.	$0^m,7695$,	Thermom.	$+ 8°,06$
〃	$= + 0,880$,	〃 〃	$0,7496$,	〃	$+ 8,06$

Pour une variation de $0^m,0199$ dans la hauteur barométrique, la marche de la pendule éprouve donc une variation de $0^s,211$. D'après cela $+ 1^{mm}$. de variation de hauteur barométrique donne $+ 0^s,01060$ de variation dans la marche.

Dans la cinquième colonne de la table B, les marches diurnes de la pendule Hohwü n°. 20, telles qu'elles ont été déduites, pour des intervalles successifs d'un mois, des observations directes, se trouvent réduites à la hauteur barométrique de $0^m,760$ et à la température de 14° C., à l'aide des effets que nous venons de déterminer pour la pression atmosphérique et la température. La sixième colonne, qui donne les différences entre la moyenne de ces marches réduites et ces marches elles-mêmes, montre que durant les onze premiers mois la pendule a modifié légèrement sa marche, indépendamment de l'action de la température et de la pression atmosphérique. Ainsi que j'en ai déjà fait la remarque, on n'aurait, à la rigueur, pas dû tenir compte des observations de ces mois dans l'étude de la marche. La plupart des pendules astronomiques connues éprouvent dans les premiers temps des changements de marche beaucoup plus appréciables, et il y en a même qui ont besoin de plusieurs années avant de prendre une marche constante. On aurait pu déduire de la variation en question un coefficient, qui aurait pu être regardé comme représentant l'influence du temps. Mais il n'y aurait que de l'inconvénient à appliquer un pareil coefficient aux marches ultérieures. C'est pourquoi j'ai négligé tout à fait l'influence du temps, et j'ai adopté pour la marche constante la moyenne de toutes les marches réduites, savoir $+ 0^s,759$. D'après cela, la marche de la pendule Hohwü n°. 20 peut être représentée par la formule :

$$\text{marche diurne} = + 0^s,759 + 0^s,03642\,(14° - t) - 0^s,01060\,(760^{mm} - b),$$

dans laquelle t indique le degré du thermomètre d'après l'échelle centigrade, et b la hauteur barométrique exprimée en millimètres. Pour que cette formule se prête mieux à l'exécution des calculs de réduction, on peut lui donner la forme :

$$\text{marche diurne} = + 1^s,163 - 0^s,03642\, t - 0^s,01060\, (b - 750^{mm}.)$$

La table suivante C. établit la comparaison entre les résultats de la formule et ceux de l'observation, pour les marches diurnes correspondant à des périodes d'une semaine.

Dans la seconde moitié du mois de Septembre 1865 je reçus de M. KNOBLICH d'Altona le chronomètre destiné au Musée Teyler. J'ai examiné cet instrument de la manière usitée pour les chronomètres de la Marine Néerlandaise. Chaque samedi matin, entre 9 et 11 heures, la marche des chronomètres de la Marine est comparée avec celle de la pendule astronomique HOHWÜ n°. 15, qui leur est spécialement affectée, par l'intermédiaire d'un chronomètre qui fait 130 battements par minute. Les indications de la pendule sont rapportées soigneusement au temps moyen de Leyde au moyen d'une détermination astronomique de l'heure, à laquelle on procède peu de temps avant ou après l'intervalle où a lieu la comparaison des chronomètres. A l'instant de la comparaison, on peut donc calculer exactement l'écart de la pendule et, par conséquent, aussi celui des chronomètres. J'ai placé le chronomètre KNOBLICH n°. 1700 sur une des tables qui sont destinées à recevoir les chronomètres de la Marine Néerlandaise. Lorsqu'on est obligé, par défaut d'espace, de rapprocher beaucoup les chronomètres les uns des autres, on ne doit pas les placer directement sur un support rigide, tel qu'une table en bois, parce qu'en pareil cas le mouvement de chaque instrument pourrait troubler celui de ses voisins. Pour ce motif, les tables en question sont garnies de rebords qui les transforment en auges peu profondes, lesquelles auges sont remplies de coques de riz ou de quelque autre sémence. Une semblable couche a pour effet d'étouffer les vibrations produites par les oscillations des lourds balanciers à compensation des chronomètres, et par suite d'empêcher que la table entière ne prenne un mouvement de trépidation qui exercerait une influence perturbatrice sur la marche des chronomètres qu'elle supporte. Depuis le 16 Septembre 1865 jusqu'au 17 Février 1866, le chronomètre KNOBLICH n°. 1700 a été comparé régulièrement, chaque samedi matin, au temps moyen de Leyde. La table suivante D. donne pour cette durée le relevé hebdomadaire de la marche diurne, avec la température qui s'y rapporte, exprimée en parties de l'échelle centigrade.

Table C

…DES.		Baromètre.	Therm. centigr.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
18						
24 N	— 2 Nov.	0m,7628	+ 8°,4	+ 0s,86	+ 0s,98	— 0s,12
1 D	— 9 〃	0,7589	+ 11,0	+ 0,78	+ 0,85	— 0,07
8	— 16 〃	0,7556	+ 9,6	+ 0,83	+ 0,87	— 0,04
15	— 23 〃	0,7587	+ 6,7	+ 0,96	+ 1,01	— 0,05
22	— 30 〃	0,7585	+ 6,6	+ 0,91	+ 1,01	— 0,10
18	— 7 Déc.	0,7538	+ 5,5	+ 1,06	+ 1,00	+ 0,06
29 D	— 14 〃	0,7593	+ 7,2	+ 0,92	+ 1,00	— 0,08
5 J	— 21 〃	0,7640	+ 7,1	+ 1,04	+ 1,05	— 0,01
12	— 28 〃	0,7646	+ 4,9	+ 1,13	+ 1,03	+ 0,10
19	— 4 Janvier	0,7468	+ 4,8	+ 0,88	+ 0,96	+ 0,08
26						
2 F	— 11 〃	0,7466	+ 3,0	+ 0,96	+ 1,02	— 0,06
9	— 18 〃	0,7506	+ 1,4	+ 1,06	+ 1,12	— 0,06
16	— 25 〃	0,7581	— 1,0	+ 1,16	+ 1,29	— 0,13
23	— 1 Févr.	0,7607	+ 4,1	+ 1,16	+ 1,12	+ 0,04
2 M	— 8 〃	0,7523	+ 6,0	+ 0,95	+ 0,96	— 0,01
9	— 15 〃	0,7651	+ 6,9	+ 0,97	+ 1,07	— 0,10
16	— 22 〃	0,7693	+ 8,2	+ 1,06	+ 1,06	— 0,00
23	— 1 Mars.	0,7668	+ 6,9	+ 1,06	+ 1,08	— 0,02
30	— 8 〃	0,7655	+ 3,6	+ 1,18	+ 1,19	— 0,01
6 A	— 15 〃	0,7532	+ 2,6	+ 1,05	+ 1,10	— 0,05
13	— 22 〃	0,7549	+ 1,7	+ 1,18	+ 1,15	+ 0,03
20	— 29 〃	0,7507	+ 6,1	+ 0,95	+ 0,95	— 0,00
27	— 5 Avril.	0,7610	+ 7,9	+ 0,98	+ 0,99	— 0,01
4 M	— 12 〃	0,7533	+ 8,7	+ 0,83	+ 0,87	— 0,04
11	— 19 〃	0,7537	+ 9,0	+ 0,87	+ 0,87	— 0,00
18	— 26 〃	0,7521	+ 11,2	+ 0,73	+ 0,77	— 0,04
25	— 3 Mai.	0,7574	+ 11,2	+ 0,85	+ 0,83	+ 0,02
1 J	— 10 〃	0,7617	+ 15,0	+ 0,92	+ 0,73	+ 0,19
8	— 17 〃	0,7541	+ 15,4	+ 0,83	+ 0,64	+ 0,19
15	— 24 〃	0,7578	+ 12,6	+ 0,82	+ 0,78	+ 0,04
22	— 31 〃	0,7592	+ 14,5	+ 0,81	+ 0,73	+ 0,08
29	— 7 Juin.	0,7578	+ 19,6	+ 0,63	+ 0,53	+ 0,10
6 J	— 14 〃	0,7628	+ 17,7	+ 0,65	+ 0,65	+ 0,00
13	— 21 〃	0,7606	+ 16,4	+ 0,75	+ 0,68	+ 0,07
20	— 28 〃	0,7652	+ 18,4	+ 0,67	+ 0,65	+ 0,02
27	— 5 Juillet.	0,7604	+ 18,4	+ 0,59	+ 0,61	— 0,02
3	— 12 〃	0,7651	+ 16,9	+ 0,75	+ 0,71	+ 0,04
10	— 19 〃	0,7517	+ 18,2	+ 0,49	+ 0,52	— 0,03
17	— 26 〃	0,7533	+ 18,4	+ 0,48	+ 0,52	— 0,04
24	— 2 Août.	0,7582	+ 17,0	+ 0,59	+ 0,63	— 0,04
31	— 9 〃	0,7581	+ 17,0	+ 0,54	+ 0,63	— 0,09
7	— 16 〃	0,7610	+ 20,0	+ 0,58	+ 0,55	+ 0,03
14	— 23 〃	0,7612	+ 21,0	+ 0,52	+ 0,52	+ 0,00
21	— 30 〃	0,7625	+ 20,5	+ 0,49	+ 0,54	— 0,05
28	— 6 Sept.	0,7618	+ 20,4	+ 0,47	+ 0,54	— 0,07
5	— 13 〃	0,7592	+ 19,2	+ 0,49	+ 0,56	— 0,07
12	— 20 〃	0,7634	+ 17,1	+ 0,58	+ 0,68	— 0,10
19						

Table D.

PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Temp. moyenne C.	PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Temp. moyenne C.
1865.			1865.		
16 Sept. — 23 Sept.	−0s,47	+19°,1	9 Déc. — 16 Déc.	+5s,47	+ 4°,8
23 〃 — 30 〃	+ 0,69	+ 17,0	16 〃 — 23 〃	+ 5,28	+ 5,8
30 〃 — 7 Oct.	+ 1,25	+ 15,0	23 〃 — 30 〃	+ 5,08	+ 3,2
7 Oct. — 14 〃	+ 1,92	+ 13,8	1866.		
14 〃 — 21 〃	+ 2,52	+ 12,5	30 Déc. — 6 Janv.	+ 3,76	+ 4,9
21 〃 — 28 〃	+ 2,89	+ 10,9	6 Janv. — 13 〃	+ 4,96	+ 4,9
28 〃 — 4 Nov.	+ 2,82	+ 9,5	13 〃 — 20 〃	+ 4,75	+ 6,1
4 Nov. — 11 〃	+ 3,79	+ 8,0	20 〃 — 27 〃	+ 4,25	+ 7,6
11 〃 — 18 〃	+ 4,29	+ 7,1	27 〃 — 3 Févr.	+ 4,57	+ 7,1
18 〃 — 25 〃	+ 3,43	+ 8,6	3 Févr. — 10 〃	+ 4,07	+ 8,0
25 〃 — 2 Déc.	+ 3,70	+ 8,8	10 〃 — 17 〃	+ 4,95	+ 6,5
2 Déc. — 9 〃	+ 4,88	+ 6,4			

Il résulte de cette table que la marche du chronomètre Knoblich n°. 1700 a varié de près de 5 secondes dans l'espace de cinq mois. Malheureusement la température est allée constamment en s'abaissant durant cet intervalle, ce qui fait qu'il est impossible de décider si la variation doit être attribuée à l'influence du temps, ou à celle de la température, ou à l'influence combinée de ces deux éléments. L'effet de la température peut, toutefois, être déterminé d'une manière complétement indépendante de celui du temps, à l'aide d'un thermostat à gaz tel que celui en usage pour la Marine Néerlandaise. Ce thermostat se compose d'une armoire métallique d'assez grandes dimensions, entourée de parois en bois, et qui peut être chauffée par des flammes de gaz. Un petit gazomètre anglais maintient les flammes constamment à la même grandeur, quelles que soient les variations de pression qu'éprouve le gaz amené du dehors. Par sa construction, le gazomètre permet d'ailleurs d'augmenter ou de diminuer les flammes à volonté, mais une fois qu'on leur a donné un certain volume, elles le conservent tant qu'on ne touche pas au régulateur du gazomètre. Au moyen de cet appareil, on peut donc élever à des températures différentes la capacité intérieure de l'armoire métallique, et la maintenir pendant quelque temps à un degré déterminé. L'expérience m'a appris qu'on peut obtenir de cette manière, pendant des journées en-

tières, une température constante à un demi-degré Réaumur près. — On introduit les chronomètres dans le thermostat à la température la plus basse qu'on suppose devoir être atteinte par les mois d'hiver, et on détermine leur marche; on chauffe alors l'appareil à une température moyenne, et on constate de nouveau la marche; puis on porte la température jusqu'au maximum auquel les chronomètres puissent être exposés sans courir le risque d'être détériorés, et on note encore une fois leur marche. Ensuite on ramène la température, d'abord au degré moyen, puis au degré de l'atmosphère ambiante, en observant encore chaque fois la marche des chronomètres. Si maintenant on prend les moyennes des marches obtenues aux basses températures et aux températures moyennes, et qu'on prenne en même temps les moyennes des températures respectives, on aura les marches aux températures basses, moyennes et élevées, telles qu'elles auraient été à un même instant, savoir à l'instant auquel se rapporte la marche déterminée pour la température la plus haute. Cette méthode étant appliquée au chronomètre KNOBLICH n°. 1700, m'a donné les résultats suivants :

à + 2°,82	C.	marche	diurne	=	+ 4ˢ,74
〃 + 14,74	〃	〃	〃	=	+ 0,87
〃 + 30,08	〃	〃	〃	=	— 2,50
〃 + 14,95	〃	〃	〃	=	+ 0,91
〃 + 4,18	〃	〃	〃	=	+ 4,14

Il résulte immédiatement de ces observations que la marche du chronomètre est notablement altérée par l'effet de la température. Les coefficients pour l'influence de la température peuvent (en apparence) être déterminés exactement, parce que le chronomètre à très bien repris la même marche à la même température. En prenant les moyennes on trouve :

à + 3°,50	C.	marche	diurne	=	+ 4ˢ,44
〃 + 14,84	〃	〃	〃	=	+ 0,89
〃 + 30,08	〃	〃	〃	=	— 2,50

Substituant ces valeurs dans la formule connue

$$\text{marche diurne} = a + b\ (t - 14^\circ) + c\ (t - 14^\circ)^2,$$

et en tirant alors les valeurs des coefficients de la température, b et c, on obtient :

$b = -\ 0^s,2800$
$c = +\ 0,00342$

La marche *a*, qui se rapporte à la température + 14° C., a été déduite des observations effectuées avant que le chronomètre eût été introduit dans le thermostat; elle a été trouvée égale à + 2ˢ,02. La formule devient par suite:

$$\text{marche diurne} = +\ 2^s,02 - 0^s,2800\ (t - 14°) + 0^s,00342\ (t - 14°)^2$$

où *t* désigne la température d'après l'échelle centigrade. La table **E.** est consacrée à la comparaison de la formule avec les marches diurnes relevées hebdomadairement, depuis le 16 Septembre 1865 jusqu'au moment où le chronomètre fut soumis aux épreuves du thermostat.

Table E.

PÉRIODES.		Température.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1865.					
16 Sept.	— 23 Sept.	+ 19°,1	— 0ˢ,47	+ 0ˢ,67	— 1ˢ,14
23 "	— 30 "	+ 17,0	+ 0,69	+ 1,21	— 0,52
30 "	— 7 Oct.	+ 15,0	+ 1,25	+ 1,74	— 0,49
7 Oct.	— 14 "	+ 13,8	+ 1,92	+ 2,09	— 0,17
14 "	— 21 "	+ 12,5	+ 2,52	+ 2,06	+ 0,46
21 "	— 28 "	+ 10,9	+ 2,89	+ 2,93	— 0,04
28 "	— 4 Nov.	+ 9,5	+ 2,82	+ 3,35	— 0,53
4 Nov.	— 11 "	+ 8,0	+ 3,79	+ 3,78	+ 0,01
11 "	— 18 "	+ 7,1	+ 4,29	+ 4,10	+ 0,19
18 "	— 25 "	+ 8,6	+ 3,43	+ 3,62	— 0,19
25 "	— 2 Déc.	+ 8,8	+ 3,70	+ 3,58	+ 0,12
2 Déc.	— 9 "	+ 6,4	+ 4,88	+ 4,35	+ 0,53
9 "	— 16 "	+ 4,8	+ 5,47	+ 4,90	+ 0,57
16 "	— 23 "	+ 5,8	+ 5,28	+ 4,56	+ 0,72
23 "	— 30 "	+ 3,2	+ 5,08	+ 5,43	— 0,35
30 "	— 6 Janv.	+ 4,9	+ 3,76	+ 4,85	— 1,09
1866.					
6 Janv.	— 13 "	+ 4,9	+ 4,96	+ 4,85	+ 0,11
13 "	— 20 "	+ 6,1	+ 4,75	+ 4,43	+ 0,32
20 "	— 27 "	+ 7,6	+ 4,24	+ 3,95	+ 0,29
27 "	— 3 Févr.	+ 7,1	+ 4,57	+ 4,11	+ 0,46
3 Févr.	— 10 "	+ 8,0	+ 4,07	+ 3,81	+ 0,26
10 "	— 17 "	+ 6,5	+ 4,95	+ 4,35	+ 0,60

Lorsque l'épreuve du thermostat fut terminée, le chronomètre reprit sa place sur la table parmi les autres appareils du même genre, et, depuis le 17 Mars 1866 jusqu'au 6 Avril 1867, il fut de nouveau comparé régulièrement, chaque semaine, au temps moyen de Leyde. La table F. contient les résultats de cette comparaison; on y trouve les marches diurnes déduites des observations hebdomadaires, et les températures correspondantes.

Table F.

PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Tempér. moyenne centigr.	PÉRIODES.	Marche diurne moyenne.	Tempér. moyenne centigr.
1866.			1866.		
17 Mars — 24 Mars	+4^s,03	+ 5°,7	29 Sept. — 6 Oct.	−1^s,70	+17°,1
24 〃 — 31 〃	+ 4,18	+ 7,2	6 〃 — 13 〃	− 1,42	+ 14,0
31 〃 — 7 Avril	+ 4,00	+ 8,6	13 Oct. — 20 〃	+ 1,26	+ 11,0
7 Avril — 14 〃	+ 2,48	+ 10,5	20 〃 — 27 〃	+ 2,24	+ 10,0
14 〃 — 21 〃	+ 2,53	+ 11,6	27 〃 — 3 Nov.	+ 2,51	+ 8,5
21 〃 — 28 〃	+ 2,44	+ 12,4	3 Nov. — 10 〃	+ 2,01	+ 11,0
28 〃 — 5 Mai.	+ 2,59	+ 11,5	10 〃 — 17 〃	+ 2,62	+ 9,2
5 Mai — 12 〃	+ 2,42	+ 11,6	17 〃 — 24 〃	+ 2,48	+ 6,4
12 〃 — 19 〃	+ 2,28	+ 11,5	24 〃 — 1 Déc.	+ 1,63	+ 6,1
19 〃 — 26 〃	+ 0,97	+ 13,1	1 Déc. — 8 〃	+ 0,52	+ 5,7
26 〃 — 2 Juin.	+ 0,54	+ 14,7	8 〃 — 15 〃	+ 0,35	+ 7,0
2 Juin — 9 〃	− 3,29	+ 19,9	15 〃 — 22 〃	+ 0,79	+ 7,0
9 〃 — 16 〃	- 2,70	+ 21,1	22 〃 — 29 〃	− 0,20	+ 4,9
16 〃 — 23 〃	− 0,73	+ 18,1	29 〃 — 5 Janv.	− 0,59	+ 4,4
23 〃 — 30 〃	− 1,85	+ 21,6	1867.		
30 〃 — 7 Juill.	− 1,24	+ 19,6	5 Janv. — 12 〃	− 0,46	+ 3,1
7 Juill. — 14 〃	− 0,73	+ 18,7	12 〃 — 19 〃	− 0,16	+ 0,1
14 〃 — 21 〃	− 1,91	+ 20,8	19 〃 — 26 〃	+ 0,52	− 0,7
21 〃 — 28 〃	− 0,59	+ 18,0	26 〃 — 2 Févr.	− 0,64	+ 4,9
28 〃 — 4 Août	− 0,29	+ 17,6	2 Févr. — 9 〃	+ 1,59	+ 6,1
4 Août — 11 〃	− 0,15	+ 17,0	9 〃 — 16 〃	+ 1,33	+ 7,1
11 〃 — 18 〃	+ 0,10	+ 16,4	16 〃 — 23 〃	+ 1,65	+ 8,4
18 〃 — 25 〃	− 0,16	+ 17,1	23 〃 — 2 Mars	+ 1,92	+ 6,4
25 〃 — 1 Sept.	− 1,12	+ 18,9	2 Mars — 9 〃	+ 0,89	+ 3,4
1 Sept. — 8 〃	− 0,69	+ 17,0	9 〃 — 16 〃	+ 0,81	+ 2,5
8 〃 — 15 〃	− 0,61	+ 16,5	16 〃 — 23 〃	+ 1,48	+ 2,0
15 〃 — 22 〃	− 0,73	+ 15,0	23 〃 — 30 〃	+ 1,24	+ 6,9
22 〃 — 29 〃	− 0,59	+ 14,9	30 〃 — 6 Avril	+ 1,59	+ 7,9

Table G.

PÉRIODES.	Température. C.	Marche diurne observée.	Marche diurne calculée.	Différence. O. - C.
1866.				
17 Mars — 24 Mars.	+ 5°,7	+ 4°,03	+ 3°,73	+ 0°,30
24 〃 — 31 〃	+ 7,2	+ 4,18	+ 3,79	+ 0,39
31 〃 — 7 Avril.	+ 8,6	+ 4,00	+ 3,75	+ 0,25
7 Avril — 14 〃	+ 10,5	+ 2,48	+ 3,53	— 1,05
14 〃 — 21 〃	+ 11,6	+ 2,53	+ 3,27	— 0,74
21 〃 — 28 〃	+ 12,4	+ 2,44	+ 3,04	— 0,60
28 〃 — 5 Mai.	+ 11,5	+ 2,59	+ 3,21	— 0,62
5 Mai — 12 〃	+ 11,6	+ 2,42	+ 3,10	— 0,68
12 〃 — 19 〃	+ 11,5	+ 2,28	+ 3,10	— 0,82
19 〃 — 26 〃	+ 13,1	+ 0,97	+ 2,60	— 1,63
26 〃 — 2 Juin.	+ 14,7	+ 0,54	+ 2,03	— 1,49
2 Juin — 9 〃	+ 19,9	— 3,29	— 0,96	— 2,33
9 〃 — 16 〃	+ 21,1	— 2,70	— 1,95	— 0,75
16 〃 — 23 〃	+ 18,1	— 0,73	+ 0,09	— 0,82
23 〃 — 30 〃	+ 21,6	— 1,85	— 2,48	+ 0,63
30 〃 — 7 Juillet.	+ 19,6	— 1,24	— 1,01	— 0,23
7 Juillet — 14 〃	+ 18,7	— 0,73	— 1,48	+ 0,75
14 〃 — 21 〃	+ 20,8	— 1,91	— 2,05	+ 0,14
21 〃 — 28 〃	+ 18,0	— 0,59	— 0,12	— 0,47
28 〃 — 4 Août.	+ 17,6	— 0,29	+ 0,06	— 0,35
4 Août — 11 〃	+ 17,0	— 0,15	+ 0,35	— 0,50
11 〃 — 18 〃	+ 16,4	+ 0,10	+ 0,62	— 0,52
18 〃 — 25 〃	+ 17,1	— 0,16	+ 0,17	+ 0,01
25 〃 — 1 Sept.	+ 18,9	— 1,12	— 0,94	— 0,18
1 Sept. — 8 〃	+ 17,0	— 0,69	+ 0,13	— 0,82
8 〃 — 15 〃	+ 16,5	— 0,61	+ 0,34	— 0,95
15 〃 — 22 〃	+ 15,0	— 0,73	+ 0,98	— 1,71
22 〃 — 29 〃	+ 14,9	— 0,59	+ 0,98	— 1,57
29 〃 — 6 Oct.	+ 17,1	— 1,70	— 0,16	— 1,54
6 Oct. — 13 〃	+ 14,0	— 1,42	+ 1,21	— 2,63
13 〃 — 20 〃	+ 11,0	+ 1,26	+ 1,96	— 0,70
20 〃 — 27 〃	+ 10,0	+ 2,24	+ 2,04	+ 0,20
27 〃 — 3 Nov.	+ 8,5	+ 2,51	+ 2,09	+ 0,42
3 Nov. — 10 〃	+ 11,0	+ 2,01	+ 1,79	+ 0,22
10 〃 — 17 〃	+ 9,2	+ 2,62	+ 1,95	+ 0,67
17 〃 — 24 〃	+ 6,4	+ 2,48	+ 1,82	+ 0,66
24 〃 — 1 Déc.	+ 6,1	+ 1,63	+ 1,75	— ˋ12

La comparaison des résultats d'observation avec la formule prouve que l'influence du temps sur la marche du chronomètre, pour la période du 16 Septembre 1865 jusqu'au 17 Février 1866, est presque insensible. La comparaison avec la formule des marches obtenue d'après l'épreuve du thermostat, ne saurait rien décider au sujet de l'existence de cette influence, parce que je reconnus que les coefficients de l'influence de la chaleur étaient entièrement changés. Mais la période du 17 Mars 1866 au 6 Avril 1867 me fournissait les données nécessaires pour établir avec précision une seconde formule; cette formule est la suivante:

$$\text{Marche diurne} = -0^s{,}19 - 0^s{,}0554\ S - 0^s{,}3590\ (t - 14^\circ) - 0^s{,}03057\ (t - 14^\circ)^2.$$

t désigne le nombre de degrés de chaleur d'après l'échelle centigrade, et S le nombre de semaines écoulées depuis le 6 Avril 1867.

Lorsque l'influence de la température sur la marche d'un chronomètre est aussi variable qu'elle l'est pour le chronomètre KNOBLICH n°. 1700, la formule ne peut servir que pour la période des observations dont elle est déduite. Tout examen ultérieur du chronomètre en question serait inutile aussi longtemps que le mécanisme n'en aura pas été revu avec soin.

Pour ne rien laisser à désirer je donne encore, dans la table G., la comparaison entre la seconde formule et les marches diurnes observées pendant la dernière période.

Il me reste, avant de terminer, à émettre une opinion sur la qualité de la pendule HOHWÜ n°. 20 et du chronomètre KNOBLICH n°. 1700. Je regarde la pendule HOHWÜ n°. 20 comme étant au nombre des instruments les plus parfaits parmi ceux dont la marche m'est connue. La pendule HOHWÜ n°. 17, dont il a déjà été question plusieurs fois et qui est la pendule principale de l'Observatoire de Leyde, a été soumise, il y a une couple d'années, à un examen rigoureux, qui a montré qu'elle est une des plus parfaites que l'on connaisse. D'après le résultat de ces recherches, exécutées et décrites par mon père, le professeur F. KAISER, directeur de l'Observatoire de Leyde [1]), il existe entre les marches diurnes déduites d'observations hebdomadaires, et les marches diurnes calculées, des différences qui s'élèvent jusqu'à deux dixièmes de seconde. Dans la pendule HOHWÜ n°. 20 la plus grande différence entre les marches diurnes calculées et observées atteint également deux

[1]) *Verslagen en Mededeelingen der Koninklijke Academie van Wetenschappen, Afdeeling Natuurkunde*, T. XVII.

dixièmes de seconde, mais chez elle des différences de cette amplitude se reproduisent plus fréquemment. Si l'on considère maintenant que les marches diurnes accomplies pendant la première année ont été exclues dans l'examen de la pendule HOHWÜ n°. 17, tandis qu'on en a tenu compte dans celui de la pendule HOHWÜ n°. 20, on devra conclure que la valeur du second de ces instruments est au moins égale à celle du premier.

Quant au chronomètre KNOBLICH n°. 1700, il est de beaucoup inférieur aux chronomètres dont sont pourvus les bâtiments de guerre de la Marine Néerlandaise. En règle générale, aucun chronomètre, destiné aux déterminations des longitudes en mer, n'est approuvé lorsque les différences entre les marches diurnes calculées et les marches diurnes observées hebdomadairement montent à plus d'une seconde. En outre, les chronomètres pour le service de la Marine sont beaucoup mieux compensés que le chronomètre KNOBLICH n°. 1700; dès que la compensation éprouve des variations considérables, ils sont impitoyablement refusés.

LEYDE, Novembre 1867.

NOTE.

En premier lieu, je dois adresser des remercîments à M. le professeur Kaiser et à M. le docteur Kaiser, qui ont mis le plus gracieux empressement à se charger de l'examen de ces deux instruments, et dont le second a consacré ses meilleurs soins à l'exécution du travail. Dans un petit observatoire, tel que celui qui a été érigé récemment près de notre Musée, un pareil examen est toujours difficile, et pour le moment il m'eût été tout à fait impossible, parce que je n'avais encore installé aucun instrument pour la détermination du temps. Dans un grand observatoire, bien pourvu d'horloges, et où l'on procède presque journellement à la détermination de l'heure, la comparaison dont il s'agit peut être effectuée en un temps beaucoup plus court et avec infiniment moins de peine et d'embarras.

Le résultat de l'examen, en ce qui concerne la pendule Hohwü n°. 20, est que cette pendule est une des meilleures qu'on ait encore construites. Cette excellence de l'instrument est d'autant plus précieuse pour moi, que, dans les opérations où il devra me servir, je serai abandonné à mes seules forces et n'aurai à compter que sur moi-même pour toutes les déterminations d'heure; nécessairement, celles-ci seront donc plus rares, et par suite ce sera un grand avantage de posséder une pendule dont la marche puisse inspirer confiance pendant des périodes au besoin assez longues.

En second lieu, j'ai à remercier M. A. Hohwü d'Amsterdam, élève du célèbre Kessels d'Altona, notre compatriote, puisque il naquit à Venlo dans la Province de Limbourg, pour les soins extrêmes qu'il a apportés à la construction de la pendule. Il a donné une nouvelle preuve de l'habileté consommée qui l'a placé au premier rang des artistes-constructeurs de notre époque; quant au prix, il peut soutenir la concurrence avec les artistes du dehors. A la dernière Exposition internationale à Paris, ses appareils chronométriques ont été couronnés de la médaille d'argent, et des juges compétents lui avaient même reconnu des titres sérieux à la récompense la plus élevée.

Le 8 de ce mois la pendule a été installée dans notre observatoire par M. Hohwü lui même, et j'ai eu la satisfaction de voir que l'éminent artiste approuvait de tout point les dispositions préalables que

j'avais prises pour assurer la suspension solide de l'instrument, telles que la construction du pilier de pierre, etc.

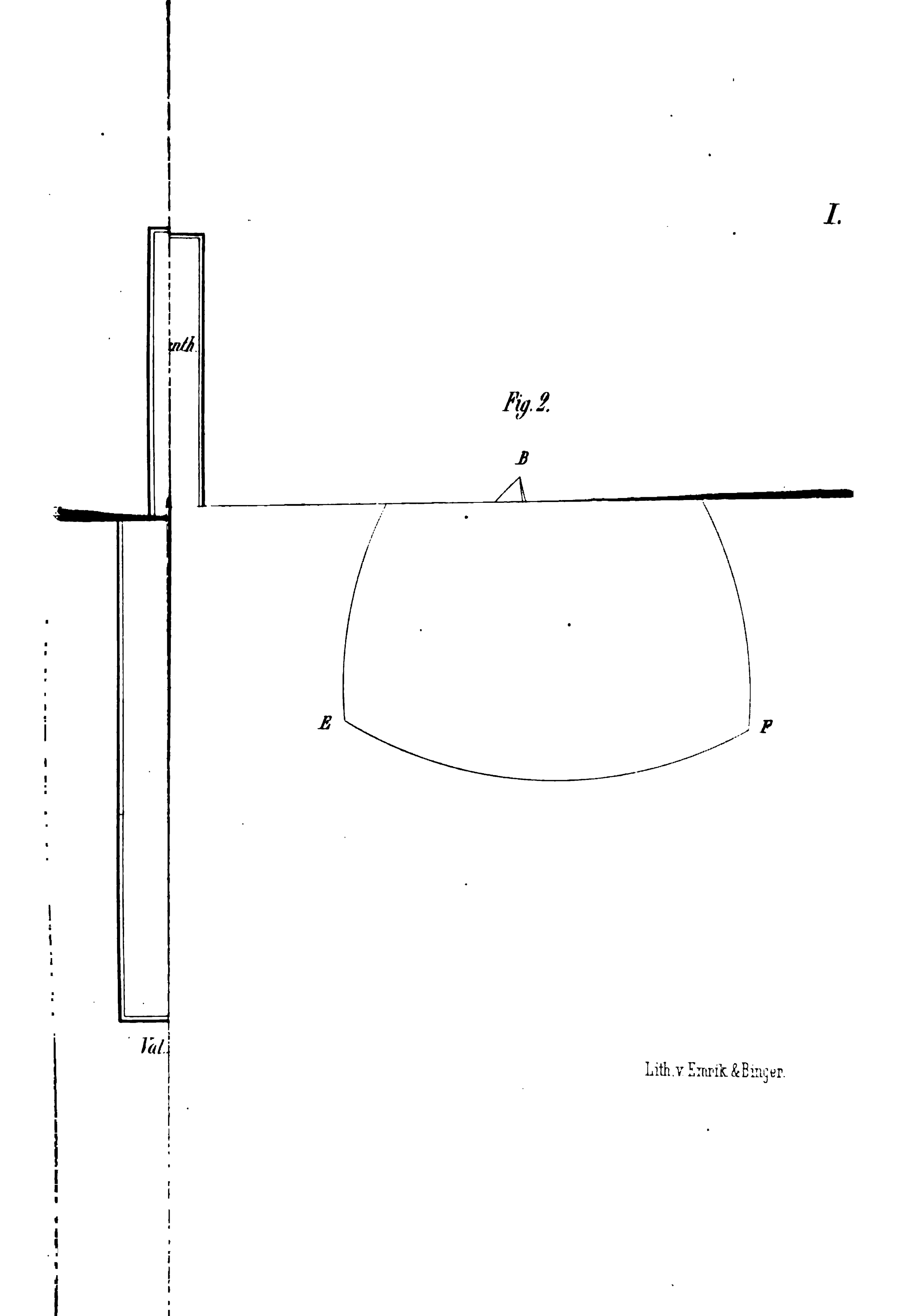
Bientôt il sera procédé aussi, dans notre observatoire, au placement définitif d'un instrument universel excellent des frères REPSOLD de Hambourg.

Une fois ces deux appareils installés, j'espère fournir, dans un avenir plus ou moins prochain, la preuve que j'aurai tâché d'utiliser leurs services. Les observations que j'ai en vue n'appartiendront pas, toutefois, au domaine de l'astronomie proprement dite, mais seront de nature géographique et géodésique.

HARLEM, 27 Février 1868.

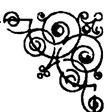
V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

I.



Lith. v. Emrik & Binger.

IMPRIMERIE DES HÉRITIERS LOOSJES, À HARLEM.

ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL. I.

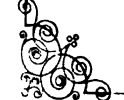
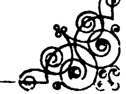
FASCICULE QUATRIÈME.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.

1868.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS.

LEIPZIG,
G. E. SCHULZE.

ARCHIVES

DU

MUSÉE TEYLER.

VOL I.

Fascicule quatrième.

HARLEM. — LES HÉRITIERS LOOSJES.

1868.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS.

LEIPZIG,
G. E. SCHULZE.

1878, July 23.
Act of
the Bussey Institution.

TABLE DES MATIÈRES.

FONDATION

DE

P. TEYLER VAN DER HULST,

à Harlem.

Directeurs.

W. VAN WALRÉ.
J. VAN DER VLUGT.
C. G. VOORHELM SCHNEEVOOGT.
Dr. K. SIJBRANDI.
A. HERDINGH.

Secrétaire.

J. J. ENSCHEDÉ, *Dr. en droit.*

Directeur du Cabinet de Physique.

Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Conservateur du Musée de paléontologie et de minéralogie.

Dr. T. C. WINKLER.

Bibliothécaire.

Dr. D. LUBACH.

Conservateur de la Bibliothèque.

J. A. VAN BEMMELEN.

Conservateur des collections de tableaux, de dessins et de gravures.

H. J. SCHOLTEN.

MEMBRES DES SOCIÉTÉS TEYLÉRIENNES.

De la première Société ou Société de théologie.

Dr. S. MULLER, *ancien professeur.*
W. C. MAUVE, V.D.M.
Dr. A. KUENEN, *professeur.*
Dr. S. HOEKSTRA Bz., *professeur.*
C. SEPP, V.D.M.
Dr. D. HARTING, V.D.M.

De la seconde Société.

H. BEIJERMAN, *Dr. en Droit, ancien professeur.*
P. ELIAS, *Dr. en droit.*
J. DE BOSCH KEMPER, *Dr. en droit, ancien professeur.*
Dr. V. S. M. VAN DER WILLIGEN,
Dr. A. VAN DER WILLIGEN Pz.
Dr. D. LUBACH.

PROGRAMM

DER

Teylerschen Theologischen Gesellschaft

ZU HAARLEM,

für das Jahr 1869.

Die Theologische Abtheilung der Teylerschen Stiftung hat in ihrer letzten Jahressitzung beschlossen zur Preisbewerbung folgende Frage aufzustellen:

„Wie lautet das Urtheil, welches auf historischen und philosophischen Gründen über den Zusammenhang von Religion und Sittlichkeit gefält werden muss?"

Zugleich wiederholt sie die schon früher ausgesetzte, aber nicht beantwortete Frage nach einer:

„Entwickelung und Kritik der positiven Philosophie."

Der Preis besteht in einer goldenen Medaille von *f* 400 an innerem Werth.

Man kann sich, bei der Beantwortung, des Holländischen, Lateinischen, Französischen, Englischen oder Deutschen (nur Lateinischer Schrift) bedienen. Auch müssen die Antworten mit einer anderen Hand als der des Verfassers geschrieben, *vollständig* eingesandt werden, da jede unvollständige von der Preisbewerbung ausgeschlossen ist. Die Frist der Einsendung ist für beide Preisschriften auf 1 Januar 1870 anberaumt. Alle eingeschickten Antworten fallen der Gesellschaft als Eigenthum anheim,

welche die gekrönte, mit oder ohne Uebersetzung, in ihre Werke aufnimmt, sodass die Verfasser sie nicht ohne Genehmigung der Stiftung herausgeben dürfen. Auch behält die Gesellschaft sich vor, von den nicht gekrönten Antworten nach Gutfinden Gebrauch zu machen, mit Verschweigung oder Meldung des Namens der Verfasser, doch im letzten Falle nicht ohne ihre Zustimmung. Auch können die Einsender nicht anders Abschriften ihrer Antworten bekommen, als auf ihre Kosten. Die Antworten müssen, nebst einem versiegelten Namens-Zettel, mit einem Denkspruch versehen, eingesandt werden an die Adresse: *Fundatie-huis van wijlen den heer* P. TEYLER VAN DER HULST, *te Haarlem.*

PROGRAMME

DE LA

SECONDE SOCIÉTÉ TEYLER

à Harlem.

POUR L'ANNÉE 1869.

La Seconde Société de la Fondation Teyler a décidé de mettre au concours pour l'année 1869 une question prise dans la science Numismatique; elle demande:

„Un mémoire sur les monnaies, qui ont eu cours aux Pays-Bas pendant la période Mérovingienne. Les concurrents prendront pour base de leur travail les découvertes de monnaies de cette époque, qui ont été faites dans les Pays-Bas. Les mémoires devront être accompagnés de bons dessins, fac-similés ou clichés des diverses monnaies et des divers types, ainsi que d'une description explicative concise.

Dans la classification et la description, on aura à tenir compte de la distinction entre les monnaies Franques, Gothiques, Anglo-Saxonnes, etc., et on précisera cette distinction autant que possible."

Le prix proposé pour la meilleure réponse, laquelle devra d'ailleurs donner une solution satisfaisante de la question, consiste en une Médaille d'Or d'une valeur intrinsèque de 400 florins.

Les mémoires devront être rédigés en Hollandais, Français, Anglais ou Allemand, et écrits en *caractères latins*, bien lisiblement et *d'une*

autre main que celle de l'auteur. Ils devront être envoyés tout achevés avant le premier Avril 1870, afin d'être jugés avant le mois de Mai 1871.

Tous les mémoires adressés resteront la propriété de la Société. Celle-ci insérera dans ses publications, avec ou sans traduction, la pièce couronnée, dont l'Auteur renoncera au droit de publier lui-même son travail sans l'autorisation de la Fondation. La Société se réserve aussi le droit de faire des pièces non couronnées tel usage qu'elle jugera convenable; soit sans mention du nom de l'Auteur, soit en citant ce nom; dans le dernier cas toutefois elle n'agira *pas* sans le consentement de l'Auteur. Les Auteurs des mémoires non couronnés ne pourront en faire prendre des copies qu'à leurs propres frais. Les mémoires destinés au concours devront n'avoir en signature qu'une simple devise, et être accompagnés d'un billet cacheté portant en suscription la même devise et indiquant à l'intérieur le nom et le domicile de l'Auteur; ils seront adressés à la *Maison de Fondation de feu* M. P. TEYLER VAN DER HULST, *à* Harlem.

Sur la question prise dans le domaine des arts du Dessin, pour laquelle le concours reste ouvert jusqu'au premier Avril 1870, on n'a reçu jusqu'ici aucun mémoire.

LETTRES AU

COMTE DE LEYCESTER,

PENDANT SON SÉJOUR AUX PAYS-BAS.

PAR

Dr. K. SIJBRANDI.

Je continue ma communication de lettres adressées au comte de Leycester. Elles proviennent toutes de la collection décrite dans l'article du troisième fascicule de ces *Archives*. Je me bornerai dans l'article présent, à peu d'exceptions près, à l'époque du séjour de Leycester dans les Pays-Bas.

Nous l'avons vu assister à la joyeuse entrée du duc d'Anjou à Anvers. On avait conçu de grandes espérances fondées sur l'avénement du duc. Qu'on me permette d'en donner une nouvelle preuve en insérant une lettre du prince Jean Casimir, fils de Frédéric III, comte Palatin, au comte de Leycester. (N°. 14 de la Collection.)

1.

Lettre du comte Palatin JEAN CASIMIR.

Monsieur mon pere. Le portraict de la corne que mauez enuoyé dont ie vous remercie, auec voz lres du 26ᵉ de may me sont esté seulement deliurees de ce porteur a plein ouuertes le 3ᵉ de ce present moys. lequel pour excuse dit que les ventz lui ayant esté contraire au passer la mer il est depuis tombé entre les mains de brigans etc.

Vous dites qu' a la reception de mes dernieres vous estiez de long-

temps desireux dauoir de mes nouvelles, en quoy j'apperchois bien que toutes celles que vous ay escrit depuis quatre et six moys, ne vous sont estez rendues, qui me gardera presentement vous respondre sur certaines offres que mauez faict depuis naguaires par voz lres que Zolcher ma apporté, le reseruant jusques a ce quil se pntera homme fidelle et seur. Estant Monsieur le Duc d'Anjou prince saige et accortt comm'il est, et secondé de Monsieur le prince d'Oranges, et aultres bons cerueaux, qui est ce qui peust doubter quil ne se doibue prudamment conduire aux gouuernement des affaires de la bas. La ou a ce quon m'escrit il a ja tellement gaigné la beneuolence du peuple; quil n'est possible de plus. Bien est vray quil a perdu Audenarde depuis naguaire, mais j'impute cela aux trauerses quon luy donne en france en ses leuees, lesquelles ne seroient par trop aduancees a ce quon mande. Toutesfois ie presuppose quelle viendront a temps pour faire teste au prince de Parme, au secours duquel sen vont six à sept mille espaignolz qu' Italiens qui sont passez ces jours par la Lorraine, sans la cauallerie que doibt suiure bientost. Jescris a Monsieur de Walsingham quelque aultre particularitez auquel ie vous renuoye vous requerant au reste me tenir tousjours en la bonne grace de la royne vre maistresse de laquelle ie baise tres humblement les mains, surquoy ie prieray ce bon Dieu vous donner

Monsieur mon pere laccomplissement de voz bons et s[ts]. desirs A Lauthern le 6[e] daoust 1582.

Si Dieu nous donne de bons vins ceste annee ie mefforceray de complir a ma promesse [1]).

Vre bien humble et tres affectione filz

J. CASIMIR.

Adressée :

A Monsieur mon pere
Monsieur le comte de Leicestre grand escuier
et Chevalier de lordre de la jarretiere etc.

---

[1]) Il paraît que les vins firent plus d'une fois le sujet de la correspondance de Leycester. Le N°. 7, de la main de Mr. Carouges de Rouen en date du 29 avril 1582, traite de l'envoi de „cinq pippes de cydre", „du meilleur qui s'est peu trouver en ce pays," et promet d'en envoyer encore „et du poiré aussy, quand il y en aura de bon."

On le sait, ces espérances furent trompées. Le duc d'Anjou agit en traître, il quitta la partie et mourut le 10 Juin 1584 à Château-Thierry. Après de longues négociations, le comte de Leycester fut nommé par la reine d'Angleterre lieutenant général de ses forces aux Pays-Bas et arriva à Flessingue le 19 Décembre 1585. Il fut accueilli dans tout le pays avec beaucoup de joie et comme en triomphe. Et, en général, le choix du favori de la reine Elisabeth fut approuvé. Plusieurs lettres de notre collection en font foi. On se flattait que le gouvernement de Leycester serait de grand avantage aux Provinces-unies, rebelles au roi d'Espagne. La haute considération, que l'on portait au comte, se montre dans les lettres que je vais communiquer, écrites soit pendant son séjour aux Pays-Bas, soit au moment où il se préparait à repartir pour l'Angleterre.

La première lettre est du même comte Palatin, Jean Casimir. C'est le N°. 31 de la collection.

2.

Lettre du comte Palatin JEAN CASIMIR.

Monsieur mon pere, Je suis bien de cest aduis que sil y a resource aucune aux affaires desolez des pais bas, le principal moyen humain depend de la bonne volonté et forces de la roine d'Angleterre, laquelle ayant fait choix de vostre vertu ne sauroit auoir baillé plus asseuré gage de son affection ny moy receuoir plus d'esperance d'en voir bonne issue que par vostre entremise, priant Dieu de tout mon coeur, qu'il vous vueille assister et benir d'heur en vos hautes et vertueuses entreprinses a l'aduancement desquelles je seruiray volontiers aux occasions et moyens qui s'en presenteront vous remerciant au reste bien affectueuzement de la confidente communication que m'avez faicte de vos desseins, et attens a grande deuotion la venue de celuy qu'enuoyez expres par deuers moy, par lequel je correspondray en tout confidente correspondance. Que sera lendroit ou apres mestre humblement recommandé a voz bonnes graces je prie Dieu

Monsieur mon pere vous donner en santé heureuse vie et longue de Heidelberg ce de mars 1586.

Vre bien humble et affectione filz

J. CASIMIR.

Adressée:

Monsieur
(Mon)sieur le comte de (Leicestre) chevalier de l'ordre (de la jarret)iere gouverneur pour la (Roy)ne d'Angleterre en Hollande et Zeelande.

La seconde lettre, que je transcris, est le N°. 41 de la collection, de la main de Henri, roi de Navarre.

3.

Lettre de HENRI, *roi de Navarre, au comte de* LEYCESTER.

Mon cousyn, je ne uous fays pas entendre de mes nouuelles sy souuent que ie desireroys a cause du temps quy est asses contrayre a mes desirs sy esse que uous ne debues pas panser que ye uous mette en oubly pour cela et que ye naye souuenance des bons offices que uous maues tousyours faicts a landroit de la Royne uostre souueraine ie suys tres ayse d'antendre que uous estes employe en lieu ou ure uertu se fayt de plus en plus paroistre et ou uous pouues tant seruir a lauancement de cause commune que ye poursuis. Jay este aduerty par le Sr. de Buzanval du soing qu' aues de tout ce quy me touche au lyeu ou uous estes de quoy ye uous mercie de tout mon coeur et uous prie de uous asseurer que uous n'aues en ce monde prince quy uous uueille plus de bien que moy. Yay commande au Sr. de Buzanval de uous faire entendre le cours de mes affaires. sur lequel me remettant se prieray le createur uous tenyr mon cousyn en sa sainte protection. de la Rochelle ce VIIe aoust 1586.

Vre afectyonne cousyn et assure amy

HENRY.

Adressée:

A mon cousyn mons^r. le comte de lestre.

En voici encore une de Walburg, comtesse de Meurs et Nieuwenaar, mariée en premières noces à Philippe, comte de Hoorn, et après la mort de celui-ci à Adolf, comte de Nieuwenaar. C'est le N°. 66 de la collection.

4.

Lettre de la Comtesse DE NIEUWENAAR *au comte* DE LEYCESTER.

Monseigneur Je suis este marrye d'entendre par la lre de vostre Excell^ce^ du XXIXeme du mois passe (: receue le iour d'hyer :) l'inopine partement d'icelle vers Angleterre pour en partie estre occasionne par ceulx que ont le gouuernement de cest estat entre mains, et d'autre part tresaise de cognoistre que cela n'ha peu surmonter sa bonne et saine intention au regard du bien et soulagement de ces pays. La quelle espere (: que postposant toutes occasions a ce contraires et s'armant de son inclination heroique :) animera et encouragera sa Ma^te^ d'embrasser a tel escient les affaires de cesdits Pays, que briefuement seront deliures des miseres et afflictions que tant et sy longuement ont durees. A quoy m'asseure la presence et authorité de vre Exell^ce^ ainsy resolue pourra et fera beaucoup vers sa Ma^te^. Sy le bon vouloir et plaisir d'icelle fut este conforme mon souhait, j'eusse bien dezire que vostre Excell^ce^ ne nous eust abandonne ainsy, car je craings qu'entretemps tel depart causera plus d'inconveniens, qu'il n'ha faict l'an passe, en cas le Seigneur Dieu par sa diuine bonte et misericorde ne le pourvoit. ores ie ne repeteray icy au long, pour estre trescognu a vostre Ex^ce^ la syncere affection et respect que Monsr mon mary ha tousjours porte au seruice de sa Ma^te^ Et ce que pour le maintiennement et aduancement de la vraye religion reformee, outre la perte de tous noz biens et le peu de recognoissance et sobre entretien en respect de nostre qualite et estat on nous donne. Ains prieray seulement vre Ex^ce^ que suiuant ses propres offres vueille auoir noz affaires tellement en recommandation vers sa Ma^te^ que puyssions estre assistés et secourus des moyens convenables, jusques a tant qu'autrement en soit pourveu par l'eternel createur. Auquel prie

Monseigneur, d'octroier vostre Excell^ce^ l'accomplissemt de ses illustres dezirs et auecq ce tres heureux et bon voyage. D'Utrecht ce VIme Decembre 1587 stylo antiquo

De vre Excell^ce^ Tres humble

Walbourg *Comtesse* DE NUENAR.

Adressée:
A son Excell^ce^.

Parmi les lettres de notre recueil on en trouve deux qui ont un rapport direct aux faits militaires de l'année 1586. Quoiqu'elles ne nous racontent rien de nouveau, elles sont pourtant assez remarquables. L'une est du comte de Hohenlohe et contient son rapport personnel de l'affaire du 16 Avril devant la ville assiégée de Grave. La chose même est assez connue, mais il y a une grande différence entre le récit p. e. de Hooft et celui de Motley. Le premier donne un simple narré du combat, l'autre y joint des particularités, qui certes ne diminuent pas la bravoure des nôtres. Il parle „de la pluie qui tombait en torrents, du vent, qui soufflait avec la violence d'un ouragan, du fleuve, qui montait rapidement et menaçait de déborder. Le terrain", dit il, „glissant par la pluie et le sang, permettait à peine de se tenir le pied ferme..... A mesure que les forces des soldats s'épuisaient, la fureur des éléments augmentait." [1])

J'aimerais à ne pas mettre en doute l'exactitude de ce récit; mais s'il en avait été ainsi, bien remarquable serait alors la sobriété du rapport du comte de Hohenlohe, qui ne dit mot de toutes ces circonstances, bien qu'elles dussent augmenter la gloire de ce fait d'armes. Voici la lettre, N°. 33 du recueil.

5.

Lettre du comte PHILIPS DE HOHENLOHE
au comte DE LEYCESTER.

Monseigneur Ayant icy quelques deux ou trois jours attendu la comodite du vent, comme nous attendons encores pour mestre en effect

[1]) Motley, *Hist. of the United Netherlands.* Vol. II, p. 11.

quelque exploict pour le secours de la ville de Grave et du premier y faire entrer les pouldres et aultres semblables necessitez y principallement requises; Auons par comun aduis trouué bon de retrancher premierement certaine escluze estant sur la digue justement à l'opposit de la maison de Balgoyen et ce pour estre une place ou lon pouuoit mieulx observer le vent (pont?) et que seruiroit a noz gens tant seullement de retraicte. Or estant le dit retranchement la nuit d'hyer comencé et toutesfois pour le peu des pioniers qu'auions icy n'estant encores deuement en defence, l'ennemy amenant hier au mattin quelques pieces d'artillerie sur le bord de la riviere pour faire retirer les batteaulx de guerre, est venu quant et quant auecq grandes et ses principalles forces attacquer la dite tranchee. De sorte qu'ayant par deux diuers assaulx, non sans notable perte de plusieurs ses chefz, officiers et soldats, este uiuement repoussé, au dernier par la faueur du grand nombre et rafraichissement de ses gens, les nres sont esté forcez de quister la tranchee. Ce qu'estant aduenu vindrent les aultres soldats de ce costé freschement, qui n'auoient esté au premier combat. Et repoussaient tellement l'ennemy qu'estant mis en route, il fust aussytost constrainct d'abandonner nre tranchee y laissant une piece d'artillerie, qu'il auoit faict planter sur la dicgue. Depuis ilz sont par deux ou trois fois retournez escarmouchans pour r'auoir leur artillerie, mais sont esté repoulssez et poursuiuiz des nres jusques a leur fort. En laquelle poursuyte ilz ont perdu beaucoup de leurs armes, et mesmes les nres ont retrouué en partie celles qu'ilz auoient perduz parauant. Leur piece d'artillerie est icy sur ung batteau de guerre et sera incontinent envoyee a vre Ex^ce^. Et estant ainsy ce combat fini, noz gens se sont honnestement retirez auecq les tambours battans et drappeaulx volans chun au lieu ou qu'il auoit loge parauant. Voicy toutte l'histoire, comme la chose veritablement est passee. Et vre Ex^ce^ se peult asseurer que nonobstant les forces de l'ennemy sans comparaison estoient beaucoup plus grandes que les nres, touttesfois la ou de ce coste n'est demeure qu'ung, il en a perdu des siens bien trois. Et remettant le surplus a ce que le S^r^. Paul Buys (le quel ayant este icy present est de la verité ce qui s'est passé entierement informé) en dira plus amplement a vre Ex^ce^ Je finiray la pnte, baisant bien humblement les mains de vre Ex^ce^ et priant Dieu donner a Icelle

Monseigneur prosperite, en santé tres heureuse vie et longue. En batteau deuant Batenbourg ce 17 d'apuril 1586.

De vre Exc. bien humble et affectionne seruiteur

PHILIPS *Graff zu* HOHENLOE.

Apres auoir signe ceste me sont venuz nouuelles de bonne part que l'ennemy (selon le bruict qui court partout) a laissé deuant la tranchee enuiron 350 homes tuez et entre eulx neuf capnes ung chef et plusieurs aultres officiers sans encores quelques aultres trois cens qui sont este griefuement blessez et emmenez. Ce qui touttesfois ne puis asseurer vre Exce pour n'auoir eu aulcunes seures nouuelles, sinon qu'il m'est ainsy rapporté de quelques bourgeois de Ravesteyn; mais coe j'attens d'heures a aultres nouuelles plus asseurees j'aduertiray a vre Exce incontinent de toutte la pure verite.

Adressée :

A son Exce.

Ce combat gagné, le comte de Hohenlohe réussit en personne à faire entrer dans la ville assiégée un renfort de munitions et de vivres assez considérable pour la ravitailler pendant tout un an. Malheureusement ce renfort fut en vain. Touché par les lamentations et les prières des femmes après un premier assaut, le gouverneur van Hemert capitula et livra la ville au prince de Parme, qui y trouva le nécessaire pour entretenir une garnison de six mille hommes pendant un an. Van Hemert paya, comme on sait, sa faiblesse de sa tête.

La reddition de Grave eut, en attendant, d'autres suites fâcheuses. Le prince de Parme, maître de la Meuse, voulut aussi se rendre maître d'une partie du Rhin. Après une vaillante défense, il prit la ville de Neuss, dont la brave garnison, son intrépide commandant Kloet et une grande partie des habitans furent massacrés. Dans notre collection se trouve la copie d'une lettre ayant rapport à la destruction de cette ville. C'est le N°. 40. L'adresse manque, mais selon la liste elle est écrite *à l'électeur de Cologne*, c'est-à-dire, à ce malheureux Gebhard Truchses, bien connu par son amour et son mariage avec Agnès de Mansfeld, et qui avait perdu son archevêché et son électorat de Cologne. La copie est ainsi conçue.

6.

Lettre à l'électeur de Cologne.

Monsieur Je ne doubte pas que n'estez ja aduerty de la miserable fin que at prins lasciegement de Neus, auecque la ruine totalle de la ville cest chose fatale pour l'insolence de noz pechez, Dieu nous donne la grace de nous amender affin que pis ne nous aduienne, cest ung bel exemple pour les endormis allemans qui ne se reueillent jusques a ce que lon ne les tousche avecq la masse sur le nez que ilz ne pensent pas que le prince de Parme n'at intention de aller plus oultre, come l'empereur Charles portoit en sa deuise, Car la maison de bourgonge ne tascha jamais que de mestre son pied sur la terre non sienne, qui ne veult croire a son dan, lui reste. Je vous puis asseurer que le prince de Parme a dict qu'il s'asseure auoir son assiete en la [1]) en Utrecht et en ses cartiers la, qui ceroit chose de grande consequence aux lieux circonuoisins. Lon maintient en ces quartiers que lon at faict grand tort au gouuerneur de la Grave, et que le Prince de Parme luy at offert plussieurs bonne condition, mais que luy at tusjours respondu qu'il at faict promesse au conte de hohenloe de fidelité et tant que Icelluy de hohenloe cera commandeur il ne luy fauldra a ce qu' il luy at promis. Au reste il semble que le dit pr. de Parme veult diuertir la guerre du pays-bas aux cartiers du Rein, Car il ly at quelque temps que le Roy son mestre luy a commande de plustost abandonner les pays bas que de laisser perdre le Collonois mais y tenir la main pour auoir pied sur la Riuiere du Rhein. Aussy le prce de Parme at par plusieurs fois dict qu'il ceroit plus facille au Roy son mestre de acquerir un nouueau Royalme, que reduire le pays-bas a l'obeissance de sa ma^te^. Vous asseurant si ses deseins peuuent venir a bon port, qu'il ne fauldra de recouurir un nouueau royalme par le moyen de levesches de Cologne, Munster et aultres lieus circonuoisins. Voila le but ou il pretent si lon ny obuie en temps et heure, ce n'est pas d'aujourdhuy que ceste faction se practicque, mais ilz n'ont jammais rencontre tel subiet, comme a present, Je crains fort la ville de Wessel Car il at licence a present par le moyen des folz et enfans aueugles faire ce qui bon luy semble, et principallement pour recouurir argent, qui luy

[1]) Lacune dans la copie.

mancque. Car les lres de change sur Jenua luy ont failli au dit lieu, et les soldaits veuillent estre payes Je croy qu'il pense bien trouuer son paiment audit Wesel. Dieu par sa grace le veuille garder, me recommandant a vre bonne grace ce 2 daoust 1586. Soubz estoit escript par le tout vostre NICOLAS DE CASTRES.

Plusieurs lettres de notre collection ont rapport à l'envoi des troupes auxiliaires, que la reine d'Angleterre avait promises soit aux états généraux, soit au comte de Leycester. On sait que des plaintes continuelles furent élevées, parce que les troupes promises n'arrivaient pas, ou que l'argent nécessaire pour payer la solde des soldats manquait. La condition des forces anglaises dans les Pays-Bas était en vérité bien déplorable. Elles manquaient de tout et se révoltaient souvent à cause de leur misère. Dans les lettres du „Master of Gray", qui faisait des levées en Ecosse, se réfléchissent ces plaintes. Tantôt il promet de hâter l'envoi des renforts, tantôt il demande au comte, qu'il ait un soin particulier pour les cavaliers qu'il enverra, afin qu'ils n'aient à souffrir la misère, dont les soldats aux Pays-Bas se plaignent. Je me bornerai à transcrire une seule des lettres du Sr. Gray, qui contient quelques renseignemens assez curieux. C'est le N°. 48.

7.

Lettre du Sr. GRAY *au comte* DE LEYCESTER.

Please your exce as I vrot [1]) of leat [2]) nou agene I have resaueit [3]) from mr. secretary Valsinghame a neu aduertisment as haueing direction from the q. his souueraine Bothe to stay any forder scottise troupes and als to stay my ainn [4]) comng. The cause why be viths [5]) me to stay the troupes is for yt [6]) he sayes mr. Vilkes hes giuene declaration yt of necessity all your souldiours shall become mutins [7]) for wont [8]) of pay. Vhy I should stay be reasonn of her maties seruice in yis realme, vitche sche thinkis can not bot decay or perise altogether in my absence. Bot for the first victhe is ye stay of my troupes

---

[1]) wrote [2]) late [3]) received [4]) own [5]) wishes [6]) that [7]) mutinous [8]) want

I vould not by reasonn I hard nothing from your exce and I hoyp nether shall I repent me, for I persuad myself yt troupes ye must haue and my troupes shall be more seruiable to you than any reister or allemainye in ye vorld and myself more acceptable.... The King my souueraine is shortly godwilling to send me in comission to the q. your souueraine for dyverses maiters of importance, and being in England I intend not to retourne in Scotland befor I shall see your exce and of yis I think the q. matie shall be content prouyding it shall please your exce to let me pairt quhen the necessitie of her maties affairs shall requyr. Bot oneis I deliberat, I must see you thair [1]) bothe to satisfy ye desyr I haue to do you seruice and to range in good ordour theis of my nationn who be in your seruice, for I know some misordre vil thair be for primasie if I be not thair myself. The K. matie sendis me in England cheifly for tuo causes, the one yt in tryell of his mother or rather in punising of her yt his maties honour be respectit bothe for naturall obligation as als for ye strict amitie nou betuene him and your q. matie. The second point is that hir fact qt sumeuer [1*]) be not preiudiciable to his matie in the title he pretendis to haue throu her by blood to ye crone efter the q. maties deceis. Bot I haue as yet in a pairt refusit the comission, for yt I haue not hard hov it vil be acceptit by her matie; bot oneis knoving yt the mait [2]) shal be acceptable I shall not stay heir fyue dayes efter it shall please his matie my souueraine to giue me instruction. The King is verie cairfull his mothers lyf should be saue, bot yit strictly keipit from all intelligence. No man can blaime him in yis mait, for natur moueis him. Yet I think he could verie vell content himself if maiters ver conningly handelit and he not acquent vithe them. Mr. Secr. Valsinghame visht [3]) me in her maties name for to essey to moue ye King to concur for hir accusation in respect of ye hard measur his father resaueit of her and intendit for himself, bot befor God I delt plainly vithe him, yt it was anouche [4]) yt he should pas maiters vth ouersicht as he is villing to do. Nothing occureis heir worthy of vryting, bot all thoes vho are popistes in yis realme leives in great hoyp qt [5]) the mait meinis [6]) fully as yet I knou not, bot so fare as I can learne they luk yt this year the k. of Spainge shall inuade her maties ainn dominions. Of yis I haue maid advertisment to her matie for I haue it from a verie sure pairt.... From Dumf. this 4 of October 1586.

Your exce euer to be comandit at seruice

Mr. OF GRAY.

---

[1]) there [1*]) whatsomever? [2]) matter [3]) wished [4]) enough [5]) what [6]) means

Voilà sans doute une étrange commission, que la reine Elisabeth confie au maître de Gray! Demander en son nom que le roi d'Ecosse se porte accusateur contre sa mère, la malheureuse Marie Stuart! Et cela pour des faits, qui ne regardaient aucunement la juridiction Anglaise, qui s'étaient passés en Ecosse, et qui ne touchaient nullement les intérêts de la reine Elisabeth ou de son pays. On voit par là, combien elle désire parvenir à son but et faire condamner sa rivale, mais aussi comme elle aimerait à faire peser l'odieux de la condamnation sur d'autres. Mais que dira-t-on du caractère d'une reine, qui se permet de telles intrigues, et qui ose proposer une telle lâcheté à un fils à l'égard de sa mère? Nous estimons le maître de Gray, qui ose parler franchement au roi et, en dépit des ordres royaux, le dissuader d'un tel procédé et lui faire sentir, qu'il fait assez en ne se mêlant pas de la procédure. Le pauvre roi désirait en vain que la vie de sa mère fût épargnée, et s'il n'intervint pas en sa faveur, ce fut probablement pour ne pas perdre la chance de porter la couronne d'Angleterre après le décès d'Elisabeth.

La lettre du maître de Gray parle des rumeurs d'une invasion par les Espagnols en Angleterre. Il les tenait, comme il dit, de bonne part et les communiqua à la reine. Ces rumeurs, comme on sait, étaient très fondées. Philippe faisait de grands préparatifs, une immense flotte fut assemblée, ostensiblement pour aller aux Indes, mais en réalité pour faire une descente en Angleterre avec l'aide de l'armée du prince de Parme, laquelle devait se joindre à l'Armada, partie de l'Espagne. Les préparatifs se retardèrent, et deux ans s'écoulèrent, avant que la flotte, dite l'invincible, se mît en route. On sait quelle en fut la fin; mais il me semble n'être pas sans intérêt de connaître une lettre du comte de Leycester, dans laquelle il nous donne le récit de la destruction de cette Armada. Cette lettre est adressée au duc de Montmorency, et elle est le N°. 76 de notre collection.

8.

Lettre du comte DE LEYCESTER *au duc de* MONTMORENCY.

Monsieur mon frere, Il y at quelques annees que l'alliance contractée entre nous n'at este entretenue sy estroitement, et celles que ie vous avois mande cependant sont este interceptees combien qu'elles ne furent d'aulcun pois. Ains presentement puis que i'ay subiect digne pour vous en faire part, n'ay voulu faillir a mon debuoir de rompre ce long

silence, vous aurez preça este adverty comment le Roy d'espagne avoit ces années passées este occupe' pour dresser la superbe flotte de mer qu'il at ces iours passes depesche a la conqueste de ce royaulme, comme tesmoignent et deposent les prisonniers qui sont venus entre noz mains, Mais il n'at pleu a dieu quy gouverne les coeurs des Roys luy permettre a present aulcun avantage sur nouz, ains tant favoriser la bonne et iuste cause que la dite flotte (a laquelle le moindre navire portoit aumoigns cinq cents hommes) soit este tellement rencontree des nostres et saluée de coups de canon que peu de navires sont eschappés non attaints estants demeures morts plus de cinq mille soldacts, pardeça est prisonnier don Piedro de Valdesa, en Hollande don Diego de Piemontel maistre de camp du tiers de Sicile quy estoit dé trente compaignies Espaignolles avecq grande noblesse, don Piedro de Toledo se sauvat de nuict a Nieuport, nous avons nouvelles seures de dixsept grands navires quy sont party este prins, party peris, estants les aultres tellement arraches et dissipes deça et dela vers le nort que croyons seurement que leur effort et furie serat passes ceste annee. Et comme leur resolution estoit que le prince de Parme debuoit faire voyle de dunkercke avecq aultre armée pour la desembarquer et prendre terre pardeça pendant que celle d'espaigne eut attacqué la nostre n'auoit sa m^{te} failly de me commander comme lieutenant gnal de ses forces, d'attendre celles du dit duc de Parme avecq bonne et iuste armee, de sorte que le triumphe fut desja appointe pour le recevoir a sa ioyeuse entree. Mais ayant le dit duc veu ce que dieu at dispose par son iuste jugement de la dite flotte, croyons aussy que ses desseins fondes sur l'arrivement d'icelle iront a neant et sy par ce la volonte ne luy fault aumoings les moyens de ceste entreprinse luy passeront, tellement qu'en peu de temps dieu at faict paroistre que c'est luy le dieu des ostes quy dispose les consaulx et desseins humains a sa volonte Et pourrat cest exemple servir pour soulas et confort de voz peines et travaulx que portez journellement, ne doubtant aulcunement ou dieu donnerat heureuse issue aux entreprinses et juste defense des princes Chrestiens pour sa gloire. Lequel prieray

Monsieur mon frere, vouz octroyer en bonne santé tres longue et tres heureuse vie, de la court a St. Jesmes ce XXII d'aougst 1588.

Vre tres affectione frere pour vous fair humble service

R. LEYCESTER.

Adressée:

A monsieur

Mons[r]. le Duc de Mommerency.

J'ajoute à la présente communication une lettre remarquable par son auteur. Elle est écrite par François de la Noue surnommé le bras de fer, officier Huguenot des plus estimés. Il avait lui-même passé cinq ans en captivité, et savait par expérience quel était le sort des prisonniers chez les Espagnols. En 1585 il était sorti de sa prison à Mons, en échange du comte Philippe d'Egmont. En outre il s'était engagé à payer la somme de cent mille écus, s'il prenait les armes dans les Pays-Bas, sinon aux ordres du roi de France. Le roi de Navarre en restait caution. Le malheur du père poursuivit le fils, le Sr. de Téligny. Il faisait partie de la garnison d'Anvers lors du siége de cette ville par le prince de Parme et de sa défense par St. Aldegonde. Il se hasarda (en l'hiver de 1584) pour faire parvenir un plan d'attaque aux Zélandais, fut découvert, poursuivi, blessé et pris. Il fut jeté dans la prison de Tournay, et son sort excita un vif intérêt. On blâma St. Aldegonde d'avoir hasardé la vie d'un chef si distingué, et on fit beaucoup d'efforts pour le faire rançonner. Dans notre collection se trouve une lettre à Leycester sur ce sujet. C'est le N°. 72.

9.

Lettre de Mr. DU FAY *au Comte* DE LEYCESTER.

Monsieur. J'ay veu une lettre aujourduy que vous escris Champaigne pour Torayso son nepveu, qui m'a donné occasion de vous enuoyer celle cy et de vous remercyer humblement pour monsieur La Noue du bien et de l'honneur que vous luy faictes de vous souuenir de luy en l'affliction de son fils. Jadjouste encor au remercy que je vous en fais comme particulier le gre que mon maistre vous scaura de ce bon office que vous faictes a ce gentilhomme duquel il affectionne extremement la deliurance. E mauoit chargé par expres si je trouuois le traite de vre paix aduance de recommander a la Royne le pauvre monsieur de Theligny, Toutesfois men estant retenu pour certains respects je suis infinement ayse que vous ayes ce soing de quoy non lui seulement mais toute la noblesse francoise vous est extremement obligee. Je vous suplie humblement monsieur continuer tousjours ceste bonne affection. Il est bien raisonnable que ces traitres Espagnolz qui font si mauuaise guerre a leurs prisonniers recoiuent un pareil traictement. Nous en tenons un

nomme Sarmientos, qui a trente fois voulu donner 10000 d de rancon, mais s'il en deuoit payer cent jamais il ne sortira quil ne rachepte la foy e le filz de monsieur de la Noue ou il mourra. Si Torayse vous ennuye, je suis assure que les amis de monsieur de Theligny le retireront pour quelque rancon q ce soit et le mettront en lieu dou il ne sortira jamais pour voir le soleil que monsieur de Theligni ne soit en liberté. Je suis

Vostre tres humble serviteur

DU FAY.

Adressée:

A monsieur
Monsieur le Comte de Leicester.

Voyons maintenant la lettre du père de l'infortuné jeune homme. C'est le N°. 80. Les bords du papier sont rongés, et il manque des lettres et des mots, que j'ai remplacés en les mettant entre [ ].

10.

Lettre de Mr. La Noue *au Comte* de Leycester.

Monseigneur j'ay receu depuis peu de jours la lre quil vous a pleu mécrire il y a assez longtemps, Et confesse franchemant que ie nay fait mon deuoir de ne vous auoir preuenu par lres, Et suplié queussiez souuenance de mon filz duquel vous ne vous estes que trop souuenu, et plus quil ne scauroit jamays meriter en vre endroict. Mais ce qui ma retenu est que Monsr. de Walsinghan auquel je suis fort obligé, auoit desja retiré ung espagnol pour seruir a sa liberation, aussy que vous voiant occupé en afaires si importans ie ne voulois vous importuner pour ce qui concerne mon particulier, veu que je nay jamays eu cest heur de vous auoir fait aucun seruice. Or puis quainsi est monseig[neur] que si liberalemt vous auez voullu vous emploier pour ce pauure prisonn[ier] afligé, action qui est digne de vous mesmes, je ne puis faire de moins [que] de vous remercier tres humblemant de ceste demonstration de bonne vollon[té] laquelle ie vous supliray de conti-

nuer, dautant quen ceste Extremit[é ou] est mon filz elle luy peult beaucoup ayder. Et quant ainsi seroit que [cela] ne pourroit sacomplir, si en demourrons nous luy et moy chargez [dung] grand poix dobligation en vre endroict, En ce questant estrangers v[ous] ne laissez de nous voulloir gratifier coe si estions naturelz. Ma[is ie] desireroys que son eslargissement pust sen ensuiure, et principalement quil eust moyen de vous faire congnoistre quil vous est très affectionné. Pour mon regard Monseigneur qui suis plus libre, jaurois grand a[ise] si pour votre seruice je pouuoys faire quelque choze qui rendist tesmo[isgnage] que je ne suis indigne destre fauorize de vous. Que si vous ne vous apo-[ ] par della et quaiez besoin dun soldat, commandez moy, car je nay E[ncore] le braz si faible et lentendemant si usé que si ie ne puys faire mal [a] voz superbes ennemys, aumoyns leur feraije unq petit depeur. Certes tres volontairemt et alegremant trauailleray je et me hazarderay tant pour satisfaire a ce que je vous doy, que pour ce que je doibz a la cause commune, moyennant que ce ne soit en lieu ou je ne contreuienne aux promesses iniques que les espagnolz ont arrachees de moy et que j'ay faites pour sortir hors dune longue et tres rigoureuse prison. Je me suis contenu le plus doucemant que ma este possible pres de deux ans et demy pour ne les offencer, et les conuier a me rendre mon filz par rançon ou par eschange, et mesme le duc de Parma me promet de si emploier pour y flechir son Roy, mays tout cella a este vain. Et me suis esbahy de quoy Sarmiento et Juan de Castilla qui ont este arrestez pour cest effet n'ont peu seruir. Ce qui monstre que leur soin et charité enuers [leurs] prisonniers a este plus foible, que leur vollonté a me tenir tousjours en seruitude, ce qua mon aduis ilz font sachans que je congnois leurs ambitieux et viollens conseilz et desseins, qui tendent a rabaisser et oprimer vre nation et la nre et sont bien aizes que ie soie esloigné de lune et de lautre pour moster le moyen de leur representer les griffes du lion que iay senties et les exiter a vigoureusement semploier a la conseruation de leur liberté grandeur et seureté. Car cella estant en bon estre il[s sont] dautant plus recullez de paruenir a la monarchie ou ilz visent, la quelle ilz pancent meriter aussy bien que le grand Charles, et estiment que leur tour est venu pour y monter, dautant que les choses spirituelles et temporelles sont concurrentes a cest eslevemant. Quant à Mons[r]. de Torrise — parauanture quil aura plus de credit que les aultres, ce que je voudrois bien. Mais le conseil quil donne que je m'adresse a mons[r] de lorraine, et par consequent a mons[r] de guize pour induire le duc de parma a lechange quil desire, je ne scay sil pourroit profiter, mainte-.

nant que les ditz princes sot se irritez contre ceux de nre religion. Et commant aussy iroys je les requerir veu que ce scay bien quilz ne me gratifiroient que ie ne me despouillasse de lafection et ne suprimoys lobligation que ie doibz auoir au Roy de Nauarre quilz tiennent pour capital ennemy, pour me dedier du tout a eux. Certes Monseigneur ie me trouue bien empesche en cest affaire, combatant en moy lamour filialle dun coste, et de laultre laprehension d'une contrainte de malienner de ce prince, qui a plore ma misere, na espargné son bien pour me deluirer et retenu gages pour ayder a mon filz. Dauantage quant eux ne mettroient en consideration ledit Roy de Nauarre, si est ce quilz ne parleroient pour sa deliurance qua condition quil natenteroyt contre lespagnol et de ne vous seruir contre luy, en laquelle ingratitude forcée et aparante je ne voudroys quil tombast enuers ses bienfaiteurs. Il me semble quil vault mieux que luy et moy patissions encores ung peu, attendant que ces mines espagnolles (de faire semblat de dedaigner ses prisonniers, quilz voudroient toutefoys bien rauoir) sesuanouissent pour donner lieu aux sollicitacions de leurs parens et amys, qui les ameneront enfin acompozition, coe pour mon faict et du conte degmont cella sest veu, cependant Monseigneur je ferai prouision dargent pour la rançon de mon filz, lors que ses detenteurs luy voudront mettre, et vous remercierray encores bien humblemant de quoy il vous a pleu faire laduance decelle de monsr de Torese laquelle singuliere cortezie est d'autant plus grande quelle a este faite tres vollontairement, a ceux qui voudroient bien vous faire paroistre quilz vous sont tres humbles seruiteurs, Monseigneur ie laisseray le propos de mon particulier pour vous dire du general. Que ie crois quaurez sceu quelle a este la dissipation de larmee estrangere qui estoyt entree en france. Nous auons encores, non trop loin dicy les reliques dicelle, qui ne scavent encores par ou sechaper, parce que les ligueurs les aguetent, et la capitulacion que les conducteurs ont faite aucques le Roy, ne les deliure de ce danger. Enfin il faudra passer par bresse et souisse on par la franche conté et en lun et en laultre party y a des inconueniens pour ceux qui nont argent et qui sont intimidez. Telle a este lissue dece grand corps, que a tant donné de temps depene et de coust a assembler. Et du commencemant Dieu na point repandu sa benediction dessus, au contraire la frappé de maladies, Et par aultres mauuaises causes internes (que pourrez entendre dautrepart) la faict lourdemant tomber au grand esbahisse[mant] des nres qui sesont trop confiez au braz humain et a la resiouis[sance] des aduersaires et specialement de la ligue qui va tirant lhonneur et le profit de ceste vic-

toire aquize plustot par noz e[rreurs] qui par sa vaillance et de laquelle ilz font un tres pesant contr[epois] a celle qua obtenue le roy de Nauarre contre mons^r de joieuse. Le Roy ny a gaigne aultre choze sinon que le peuple d'Orleans en [est] deuenu plus audacieux jusquà luy refuzer les portes de la v[ille]. Et celluy de paris plus fier pour oser continuer ses calumnies [contre] luy. Mays nous deuons tirer instruction dicy. Que Die[u par] les grandz apparatz mondains ne surmonte les ennemys de l[uy], ains par les choses moindres il besongne puissammant, quen [une] querelle juste et saincte il y fault proceder avecque droiture et fo[rce] et ny mesler lambition, lauarice et lenuye, que le vray m[oyen] de rendre nre desastre infructueux aux aduersaires cest dese m[ontrer] plus uniz, plus braues et plus actifz a redresser nouuelles f[orces] pour effectuer lannee prochaine ce qui ne sest peu faire ceste cy. — Monseigneur nous entendons par dessa (a nre deplaisir) comme ceux de Hollande sont fort dursa sacomoder auecque ceux sans lesquells ilz ne peuuent maintenant se conseruer. Si estce que parmi tant de perilz, et apres tant de maux, ilz deuroient estre plus sages, L'espagnol cependant qui considere noz discordes et pertes, acroist ses esperances, publye partout quil fera merueilles, et haste ses grandz aprests au mesme temps quil vous recherche depaix. Que si vous [tentez ?] a sortir par ceste voye je suplie a Dieu quil luy plaise aug[menter] vos prudences pour vous garder destre circonuenuz. Et si l[es armes] doiuent encor estre emploiees, quil veuille benir les vostres et vous faire instrumant de la conservation des pays et peuples de par della qui ont embrasse leuangille. Et en cest endroist ie feray fin a ma lre pour suplier le createur Monseigneur vous tenir en sa saincte protection et sauuegarde. De Geneve ce 17 de Decembre stille ancien.

Vre tres humble et obeissant seruiteur

LA NOUE.

Adressée :

A monseigneur

Monseigneur le Comte de Leycestre.

Cette lettre est pleine d'honorables sentiments, d'amour paternel, de droiture et de vraie piété chrétienne. La Noue n'était pas destiné à jouir du bonheur de revoir son fils. Mr. de Téligny ne sortit de sa prison qu'en 1591 et se hâta de rejoindre son père à l'armée devant Lamballe. Il le trouva mourant d'une blessure et d'une chute, qu'il avait faite quelques jours auparavant, et arriva seulement à temps pour lui fermer les yeux.

Je finirai par une lettre de Thomas Wilkes. On connaît l'animosité de Levcester contre cet agent du gouvernement Anglais. Wilkes croyait sa vie en danger si le comte pouvait s'emparer de sa personne, et il partit pour l'Angleterre avant que Leycester fût de retour. Il ne quitta pourtant pas les Pays-Bas sans adresser une lettre au comte avec ses excuses. C'est le N°. 58 de notre collection.

11.

Lettre de THOMAS WILKES *au Comte* DE LEYCESTER.

May it please yor Ex[ce] myl. Buckhurst having taken occasion to dispatch me from hence immediately towards England for her Ma[tie] speciall seruice, I am thereby preuented of my purpose to haue wayted uppon yor exell[ce] and presented myself to answer such false reports and calumniacions as have ben deliuered unto you against me; protesting unto yo[r] Ex[ce] that I am therein iniuriously abused as any man lyving uppon the earthe and to referre myself for the testimony of myne actions and proceedings here both publick and priuate to the reportes of yo[r] counsel of state who haue seene and noted myne endeuors in these seruices and the effectuall demonstrations of my zeale and affection towards yo[r] Ex[ce] euen then when I was aduertised that you dyd most mislyke me, and had most bytterly enformed her Ma[tie] and diuers of the councill against me. (But my good lord) I haue learned to feare God and trust in him who I know will defend me and myne innocency against man, and I would be ryght hartely

glad that yr Exce had heard myne answer to all yr objections or that at the least it might please you to suspend yor judgment and opinion of me, untill I may be heard wth indifferencie and whensoeuer yt shall please God so to ordain it I doe assure myself that yor Excie will moderate muche yor displeasure against me wch I desire with verie great deuotion and so take my leaue most humbly. From the Hague the XXVIII of June 1587.

Yor Excies very humbly to command

THO : WYLKES.

Adressée :

To his
Excellency.

Un troisième article donnera des lettres au comte de Leycester, se rapportant aux affaires de France.

SUR LE NOMBRE DE POINTS SPECTRAUX

NÉCESSAIRE POUR

obtenir la connaissance exacte de la dispersion,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

1. Dans mes déterminations d'indices de réfraction, j'ai toujours eu pour but essentiel d'acquérir une connaissance plus précise de la dispersion produite par les différentes substances, afin d'arriver plus tard, s'il est possible, à perfectionner la théorie de ce phénomène. Le nombre des points ou raies du spectre dont je me suis servi pour atteindre ce but s'élève, pour mes liquides, à treize. Bientôt je reprendrai mes observations dans cette direction; il est donc assez naturel que je me demande: jusqu'à quel point les indices de ces treize raies, distribuées dans toute l'étendue du spectre, suffisent-ils pour fixer la nature de la dispersion; en d'autres termes, pour prendre la chose au concret, jusqu'à quel point ces treize résultats permettent-ils de déterminer, avec une exactitude suffisante les coefficients de la formule de CAUCHY? Cette question s'était déjà présentée passagèrement à moi lors de mes observations sur l'hydrure de cinnamyle [1]; or aujourd'hui j'avais à décider si je répéterais ces observations avec un prisme creux de plus petit angle réfringent, afin de pouvoir atteindre des points plus réfrangibles que la raie 35, et la décision à prendre dépendait étroitement de la réponse à faire à cette même question.

Il est vrai que je ne me suis borné à ces treize raies que pour les substances à faible dispersion, tandis que pour les matières douées d'un pouvoir dispersif plus énergique j'ai toujours mesuré un nombre considérable de raies. Les substances de la première espèce ne me per-

[1]) *Archives*, T. I, pag. 216.

mettraient guère de déterminer une plus grande quantité de points dans leur spectre relativement court; mais celles de la seconde catégorie peuvent seules donner une solution satisfaisante de ma question, et c'est précisément pour celles-ci que cette solution me tient au cœur, ne fût-ce que pour savoir si je n'aurais pas entrepris mes observations sur une trop grande échelle. Elle m'apprendrait en outre si mes formules de dispersion pour les matières peu réfringentes peuvent prétendre à la même exactitude que celles qui s'appliquent aux substances agissant plus fortement sur la lumière.

2. J'ai choisi comme exemples les mesures effectuées sur le flint-glass n°. I de STEINHEIL [1]), le flint-glass n°. II de STEINHEIL [2]), le flint-glass n°. I de MERZ [3]) et l'essence d'anis [4]). Pour la première de ces quatre substances j'ai pris quatorze points et pour les trois autres treize, coïncidant autant que possible avec les treize points du spectre dont je fais usage pour les matières à faible pouvoir dispersif. J'ai calculé d'après la méthode des moindres carrés les formules qui s'accordent le mieux avec ces mesures. Dans le tableau ci-après on trouve les résultats mêmes de l'observation et, dans la colonne C. - O, les écarts qui subsistent entre le calcul, d'après les formules dont il va être question, et l'observation.

La formule déterminée, pour le verre STEINHEIL n°. I, par l'ensemble de toutes les mesures devient par suite d'une petite correction:

$$n = 1{,}594571 + 718843\ \lambda^{-2} + 2373408(10{,}^{6}\ \lambda^{-4} \ldots (\mathrm{I}a);$$

la somme des carrés des écarts restants est en même temps devenue un peu plus petite et = 969.

Lorsqu'on ne fait concourir à l'établissement de la formule que les 14 raies actuellement choisies, on trouve:

$$n = 1{,}594527 + 719637\ \lambda^{-2} + 2363618(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots (\mathrm{I}b).$$

STEINHEIL II avait conduit, en faisant usage de tous les points, à la formule:

$$n = 1{,}588871 + 728800\ \lambda^{-2} + 2060000(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots (\mathrm{II}a);$$

en n'admettant que les treize raies en question, la formule devient:

$$n = 1{,}588796 + 731254\ \lambda^{-2} + 2036513(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots (\mathrm{II}b).$$

MERZ I, d'après toutes les raies mesurées, avait donné:

$$n = 1{,}714394 + 1100580\ \lambda^{-2} + 6428200(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots (\mathrm{III}a):$$

---

[1]) *Archives*, T. I, pag. 34.
[2]) *Archives*, T. I, pag. 64.
[3]) *Archives*, T. I, pag. 66.
[4]) *Archives*, T. I, pag. 217.

Prisme de STEINHEIL, N°. I.

	Observation.	*C. - O.*	U. *C. - O.*
1α	1,60756	+ 1	+ 5
$3\alpha'$	1,60926	7	10
4α	1,61079	2	5
5	1,61252	— 3	0
$\frac{1}{2}(14^{\alpha}+14\gamma)$	1,61728	9	— 6
22β	1,62353	3	0
$\frac{1}{2}(26+27\beta)$	1,62475	3	1
34	1,62917	0	+ 3
35	1,63244	+ 5	8
37	1,63828	5	8
40	1,64006	3	6
43	1,64213	3	6
46	1,64563	— 4	— 1
51α	1,64969	3	0

Somme des carrés . . . 255.

Prisme de STEINHEIL, N°. II.

	Observation.	*C. - O.*	U. *C. - O.*
1α	1,60184	+11	+15
3α	1,60365	5	9
4α	1,60521	— 3	0
5	1,60694	8	— 5
$\frac{1}{2}(14^{\alpha}+14\gamma)$	1,61162	10	8
22α	1,61777	3	2
$\frac{1}{2}(26+27\beta)$	1,61898	1	0
34	1,62332	+ 2	+ 4
36β	1,62914	5	6
40	1,63400	3	4
43	1,63597	9	10
46	1,63940	0	1
50	1,64145	— 9	— 8

Somme des carrés . . . 529.

Prisme de MERZ, N°. I.

	Observation.	*C. - O.*	U. *C. - O.*
1α	1,73500	+11	+18
3α	1,73798	5	9
4α	1,74053	— 2	3
5	1,74343	9	— 2
$\frac{1}{2}(14^{\alpha}+14\gamma)$	1,75148	14	10
22α	1,76233	4	3
$\frac{1}{2}(26+\frac{1}{2}27^{\alpha}+\frac{1}{2}27\gamma)$	1,76450	1	0
34	1,77230	+10	+10
36β	1,78309	5	6
40	1,79219	5	3
43	1,79601	7	3
45	1,80086	— 7	—12
46	1,80252	7	11

Somme des carrés . . . 741.

ESSENCE D'ANIS.

	Observation.	*C. - O.*	U. *C. - O.*
1α	1,53449	+11	+19
3α	1,53680	3	11
4α	1;53876	— 2	6
5	1,54101	7	5
$\frac{1}{2}(14_{\alpha}+14\gamma)$	1,54744	13	—15
22α	1,55633	5	0
$\frac{1}{2}(26+\frac{1}{2}27\alpha+\frac{1}{2}27\gamma)$	1,55812	3	+ 5
34	1,56468	+10	12
36β	1,57396	8	5
40	1,58188	12	4
43	1,58527	12	3
45	1,58969	—10	—23
46	1,59122	14	27

Somme des carrés . . . 1094.

en ne s'appuyant que sur les treize raies, on obtient:

$$n = 1{,}714291 + 1102870\ \lambda^{-2} + 6430990(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots \quad (\text{III}b).$$

Enfin, pour l'essence d'anis, j'avais trouvé, en faisant entrer toutes les raies dans le calcul:

$$n = 1{,}519745 + 736825\ \lambda^{-2} + 7785175(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots \quad (\text{IV}a);$$

tandis que maintenant, en me bornant aux treize raies, je trouve:

$$n = 1{,}519723 + 730886\ \lambda^{-2} + 7929091(10)^{6}\ \lambda^{-4} \ldots \quad (\text{IV}b).$$

3. En comparant les formules *a* avec les formules *b*, on reconnaît immédiatement que les constantes n'éprouvent que des modifications peu importantes par suite de cette réduction dans le nombre des données sur lesquelles elles reposent. Pour donner une idée plus nette de la valeur de ces modifications des constantes, dans les deuxième et troisième termes, je rappellerai que pour les rayons de réfrangibilité moyenne, par exemple pour 14γ, un changement de 200 dans le coefficient de λ^{-2} et de 5000 dans le coefficient de $(10)^{6}\ \lambda^{-4}$ produit respectivement un changement de 6 et de 4 unités de la sixième décimale dans l'indice de réfraction. D'après cela, la différence de 800 que le coefficient du second terme présente, de la formule I*a* à la formule I*b*, ne répond qu'à 2,5 unités de la cinquième décimale dans l'indice.

Dans le passage de la formule *a* à la formule *b* le premier terme constant diminue pour chacune des quatre substances considérées, sans exception; cette remarque s'applique également aux résultats de réductions analogues que j'ai opérées dans le nombre des observations employées *Archives* T. I, p. 216; là aussi le premier terme était devenu successivement plus petit. J'attache d'ailleurs fort peu d'importance à ce fait aussi longtemps que je ne puis lui assigner une cause plausible. Les coefficients des second et troisième termes ne donnent pas lieu à des remarques aussi générales; on peut dire seulement que pour chacun des prismes de flint-glass, le coefficient du second terme augmente dans le passage de *a* à *b*.

4. Le peu d'importance des modifications qu'apporte aux formules une réduction considérable du nombre des observations sur lesquelles elles reposent nous conduit, ce me semble, à admettre que pour les substances d'un faible pouvoir dispersif la mesure des treize raies suffit, les formules qui s'en déduisent représentant d'une manière très approximative le phénomène de la dispersion dans ces substances. Pour les corps qui dispersent la lumière plus énergiquement la détermination des indices d'un grand nombre de raies reste, naturellement, désirable; mais nous voyons que la connaissance des indices des treize ou quatorze points choisis fournit déjà le moyen de trouver des formules satisfai-

santes, au moins si l'on veut se contenter d'une exactitude passable dans l'indice de réfraction. D'un autre côté, les formules IV de la Note actuelle, aussi bien que les formules rapportées à l'endroit cité, montrent que pour les liquides plus dispersifs les coefficients des second et troisième termes éprouvent des changements plus irréguliers, et que par conséquent pour les liquides, surtout quand ils dispersent avec force, il est nécessaire de prêter une attention plus soutenue à la marche du phénomène; il ne faut pas perdre de vue d'ailleurs que les variations irrégulières de la température, avec les erreurs qu'elles entraînent, peuvent jouer ici un grand rôle.

5. En résumé, par ce qui précède, mes doutes se trouvent en grande partie dissipés; mes mesures restreintes à treize points sont maintenues dans tous leurs droits par rapport aux substances à dispersion peu prononcée, et dans les nouvelles expériences que je compte entreprendre je suis autorisé, pour les substances de cette catégorie, à persévérer dans la voie où je m'étais engagé.

La grandeur des écarts restants C. - O. n'est aussi que faiblement influencée par les petites modifications des formules à base réduite, sauf en ce qui concerne, pour l'essence d'anis, les raies 45 et 46, ce qui paraît être dû essentiellement aux erreurs des observations. Les signes ne changent que très-rarement, et, sous ce rapport, c'est encore l'essence d'anis qui se comporte le plus mal. La vérité de cette double assertion ressort immédiatement de la comparaison de nos colonnes C. - O. avec les colonnes juxtaposées U ... C. - O., lesquelles indiquent les différences *calcul-observation* d'après les formules primitives I*a*, II*a*, etc. La persistance de ces écarts, en grandeur et en signe, constitue une assez forte démonstration en faveur de l'idée qu'ils sont en connexion avec la dispersion elle-même, et non attribuables uniquement aux erreurs des observations.

HARLEM, 6 Juin 1868.

SECOND SUPPLÉMENT

AU MÉMOIRE SUR

la détermination des longueurs d'onde du Spectre Solaire,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

Introduction.

1. Je vais dire mon dernier mot sur la détermination des longueurs d'onde à l'aide des réseaux. Dans cet examen final, je serai aussi complet et aussi strictement impartial que possible. Je tiendrai compte de toutes les déterminations des longueurs d'onde du spectre solaire qui sont venues à ma connaissance, et, afin d'épargner la peine de rechercher dans d'autres recueils les résultats obtenus par les divers observateurs, j'en donnerai ici un aperçu général, pour autant qu'ils ne se trouvent déjà mentionnés dans mon Mémoire fondamental ou dans le premier supplément dont je l'ai fait suivre. Par la comparaison et la critique de tous ces résultats j'essaierai de serrer la vérité de plus près; en abordant cette discussion je mettrai de côté toutes considérations personnelles, ne ménageant pas plus mes propres observations que celles de mes compétiteurs, et tâchant de ne jamais perdre de vue que la bonne foi est le premier devoir que la science impose à ses adeptes.

Outre les mémoires qui se trouvent déjà cités dans ces *Archives* (Tome I, pag. 3, 58, 59 et 63) j'aurai encore à m'occuper des suivants:

J. Stefan, Ueber die Dispersion des Lichtes durch Drehung der Polarisations-Ebene im Quarz, *Berichte der Wiener Academie*, T. L, part 2, pag. 31; Poggendorff's *Annalen*, T. CXXII, pag. 631, 1864.

L. Ditscheiner, Eine absolute Bestimmung der Wellenlängen der Fraunhofer'schen D-Linien, *Berichte der Wiener Academie*, T. LII,

part. 2, pag. 289, 1866; *Berliner Berichte über die Fortschritte der Physik*, T. XXI, pag. 224.

MASCART, Recherches sur les longueurs d'onde du spectre solaire, *Annales scientifiques de l'école normale supérieure à Paris*, Tome IV, pag. 1, 1867.

et MASCART, Note sur différents travaux relatifs aux longueurs d'onde, *Annales de chimie et de physique*, série 4, T. XIII, pag. 186, 1868; *Les Mondes*, T. XVI, pag. 584.

2. Je me propose de consigner ici mes propres observations avec toute l'étendue possible: avec plus de détails par conséquent que je n'en avais donnés dans mon Mémoire primitif. Maintenant qu'il s'agit de les mettre en regard des résultats d'autres savants, une pareille communication *in extenso* est une condition essentielle pour pouvoir exercer une critique équitable.

Je traiterai d'abord de différentes causes d'erreurs pouvant influer sur l'exactitude des observations, et résidant, soit dans les réseaux eux-mêmes, soit dans la méthode de détermination et dans les lunettes dont on se sert.

Viendra ensuite la comparaison de tous les résultats relatifs aux longueurs d'onde qui me sont connus, avec les remarques auxquelles cette comparaison donnera lieu.

Sur les erreurs dues aux réseaux.

3. Le réseau en lui-même peut donner naissance à des erreurs de deux manières différentes: 1°. La lame de verre sur laquelle sont tracées les lignes, bien qu'à faces se rapprochant de très près du parallélisme, formera pourtant, dans le plus grand nombre des cas, soit un prisme de très petit angle, soit une lentille limité par des surfaces sphériques de très grand rayon. Je laisse de côté d'autres irrégularités plus considérables et qui, si elles existaient, auraient sans doute fait rejeter la lame avant qu'on n'entreprît d'y tracer les lignes. Quant à celles qui viennent d'être indiquées, il importe de savoir quelle est la direction de l'arête réfringente du prisme par rapport aux traits du réseau, ou quelle est la position de l'axe de la lentille formée par la lame, et si cette lentille est divergente ou convergente. 2°. Le réseau introduira des erreurs par suite d'inégalités dans les distances mutuelles des divers traits qui le composent. Ceux-ci peuvent se trouver à des distances irrégulièrement variables de l'un à l'autre; si ce défaut se répète trop

souvent, les spectres deviennent trop confus, et le réseau sera naturellement mis au rebut. Mais il se peut aussi que les traits se rapprochent ou s'écartent par périodes ou groupes entiers; dans ce cas le réseau a bien encore quelque droit à être appelé régulier, mais au fond il se compose alors de deux ou de plusieurs réseaux partiels juxtaposés. Une pareille imperfection, qu'on peut souvent mettre aisément en évidence en examinant la lame à la lumière réfléchie du jour, se remarque, par exemple, d'une manière très prononcée, sur le réseau de 10801 traits par pouce de Paris que possède le Musée Teyler. M. Nobert lui-même en avait fait l'aveu en le livrant: par suite du passage d'une voiture pendant l'opération du tracé, les traits s'étaient trouvés un peu plus rapprochés sur une petite étendue, comprenant environ une centaine de ces traits. L'augmentation ou la diminution de distance peut se reproduire plusieurs fois, par périodes successives, en allant d'un bord du réseau à l'autre; elle peut s'étendre sur des groupes plus considérables et donner lieu à un certain nombre de réseaux différents placés à la suite l'un de l'autre. Il en résulte des systèmes distincts de spectres, à déviation légèrement différente, qui se recouvrent en partie. C'est là, paraît-il, le défaut capital et assez fréquent dans les réseaux [1]), et la cause principale de la confusion et surtout des spectres accessoires qu'on y observe souvent.

4. Supposons, en premier lieu, que la lame sur laquelle le réseau est tracé soit d'une forme prismatique. Si alors l'arête du prisme est perpendiculaire à la direction des traits, le défaut de parallélisme des faces n'aura pas d'effet nuisible.

Mais considérons (Pl. I, fig. 1) l'autre cas limite: celui où l'arête du prisme est dirigée parallèlement aux traits. A B C est une coupe du prisme par un plan perpendiculaire à l'arête; A B C est l'angle réfringent; A B et B C sont les intersections des faces latérales. Les traits sont tracés sur la face A B, qui est tournée vers la source de lumière D. Les rayons émanent parallèlement de cette source, qui sera, par exemple, la fente d'un collimateur placée en D, et tombent normalement sur la face A B; la lunette située en E recueille à son tour de la lumière parallèle. Soit *a b* la distance de deux lignes consécutives du réseau, c'est-à-dire la largeur d'un sillon opaque et du filet transparent resté intact à côté de lui. D *a* et D *b* sont les rayons incidents extrêmes, *a* E et *b* E les rayons interférents extrêmes, pour cette fente unique que

---

[1]) Ditscheiner, *Wiener Berichte*, Tome L, part. 2, pag. 309; Tome LII, part. 2, pag. 293.

nous considérons. La différence de chemin doit être un nombre entier de longueurs d'onde pour avoir en E un maximum de lumière. A cause de l'incidence normale, cette différence de chemin s'exprime ici simplement par $Eb - Ea$, c'est-à-dire par $(bd - ac)\,n + de$, valeur dans laquelle n représente l'indice de réfraction du verre. Le chemin parcouru dans le verre par le rayon bE étant un peu plus long que celui du rayon aE, et la lumière se propageant moins rapidement dans le verre que dans l'air, la différence de chemin cherchée est ici un peu plus grande qu'elle ne le serait, à déviation égale de la lunette, pour une lame à faces rigoureusement parallèles, cas où $bd - ac$ devient égal à zéro. Pour un même maximum de lumière, la déviation de la lunette sera donc ici moindre. En effectuant le calcul dans l'hypothèse d'un parallélisme parfait des faces latérales, on sera par conséquent conduit à une valeur trop faible pour λ.

Mais, si l'on détermine ensuite la déviation à droite, de la même manière que la déviation à gauche représentée par notre figure; ou si l'on prend de nouveau la déviation à gauche après avoir retourné le réseau sens dessus dessous, c'est-à-dire après l'avoir fait tourner de 180° dans son plan, de façon que l'arête réfringente vienne se placer de l'autre côté; dans l'un et l'autre cas, en prenant la moyenne des deux résultats, l'erreur sera éliminée, aux grandeurs d'ordre supérieur près.

Lorsque la lumière incidente cesse d'être normale et que Da et Db ne sont par conséquent plus perpendiculaires à BA, le point D étant déplacé par exemple vers la gauche, alors Ea et Eb, et par suite aussi ac et bd, se rapprochent de la normale, et l'erreur devient plus petite parce que $bd - ac$ décroît. On pourra ensuite, le rayon incident conservant la même position, déterminer la déviation à droite ou bien retourner le réseau sens dessus dessous, puis prendre la moyenne des deux résultats. Dans le second résultat, toutefois, l'erreur, au lieu d'être affaiblie, se trouve amplifiée, de sorte que dans la moyenne finale la compensation est moins parfaite que pour le premier cas, celui de la lumière incidente normale.

Supposons maintenant (fig. 2) que le réseau soit tracé sur la face BC qui regarde la lunette, que celle-ci reste dirigée normalement à BC, et qu'on fasse tourner l'ensemble du réseau et de la lunette autour du centre de l'appareil jusqu'à ce que la différence de chemin voulue ait été obtenue (c'est la marche qui a été suivie dans mes expériences avec le spectromètre de MEYERSTEIN); dans ce cas, où les rayons incidents Da et Db doivent déjà fournir *avant* la diffraction la différence de chemin nécessaire, on retombe, au fond, exactement dans les conditions

du cas de la fig. 1. Aussi longtemps que l'axe de la lunette demeurera bien perpendiculaire à la face BC, il suffira d'effectuer une seconde mesure, — soit en inclinant la lumière incidente de l'autre côté, soit en retournant le réseau, — et de prendre la moyenne entre cette mesure et la première, pour éliminer, aux grandeurs d'ordre supérieur près, l'influence de l'angle ABC, supposé inconnu. Mais aussitôt que, outre les rayons incidents D*a* et D*b*, les rayons diffractés E*a* et E*b* viennent aussi à s'incliner notablement sur la lame, la compensation des erreurs dans le résultat final devient plus imparfaite.

Plaçons de nouveau (fig. 3) la face BA perpendiculairement à la lumière incidente, comme dans la fig. 1, mais soit le réseau tracé cette fois-ci sur la face postérieure BC. Dans ce cas, l'erreur née de la forme prismatique de la lame sera encore éliminée, toujours aux quantités d'ordre supérieur près, lorsqu'on combinera les mesures prises dans les deux positions opposées définies plus haut; et même si la lumière incidente prend une inclinaison notable sur la face AB, la compensation aura encore lieu au même degré, parce que les deux rayons incidents extrêmes continueront à traverser la lame de verre dans les mêmes conditions pour la déviation à gauche et pour la déviation à droite.

Enfin, lorsque (fig. 4) le réseau sera tracé sur la face AB et l'axe de la lunette perpendiculaire à BC, le résultat sera exactement le même que dans l'hypothèse considérée en dernier lieu: l'erreur en question se trouvera compensée, avec la restriction rappelée, dans la moyenne finale, obtenue par exemple en tournant la lame successivement à droite et à gauche par rapport à la lumière incidente; et il en sera encore de même si l'axe de la lunette s'incline éventuellement, même d'une manière prononcée, sur la face BC.

5. On remarquera encore que, dans l'hypothèse à laquelle se rapportent nos figures, celle de la position normale soit de la lumière incidente soit de l'axe de la lunette, l'erreur à éliminer, prise en elle-même, est déjà plus petite pour les fig. 3 et 4 que pour les figures 1 et 2; parce que, pour les premières, les rayons traversent le verre perpendiculairement à une des faces latérales, et que la différence de chemin produite par la forme prismatique est alors un minimum.

En résumé, quand la lame affectera une forme prismatique, les conditions représentées par les fig. 3 et 4 devront être préférées, vu que, en observant successivement la déviation à gauche et la déviation à droite, ou bien, sans toucher au sens de la déviation, en opérant d'abord sur la lame dans sa première position puis sur la lame tournée de 180° dans son plan, la moyenne des deux résultats successifs sera

affranchie des erreurs, lors même que la lumière incidente ou l'axe de la lunette s'écarteraient de la direction perpendiculaire aux faces de la lame. Et les deux résultats ainsi obtenus pour une même longueur d'onde, dont il faut prendre la moyenne, différeront toujours moins l'un de l'autre pour les figures 3 et 4 que pour les figures 1 et 2.

Si l'on applique ce qui précède à mes observations des longueurs d'onde, dans lesquelles la lunette était toujours maintenue, aussi exactement que possible, perpendiculaire à la face de la lame tournée vers l'œil, on trouve qu'elles sont représentées par les figures 2 et 4, savoir: celles relatives aux positions I et II [1]), par la figure 2, et celles relatives aux positions III et IV, par la figure 4. Eu égard à la forme prismatique éventuelle des lames, les résultats des positions III et IV mériteront donc, en tout état de cause, la préférence; et, en outre, ces résultats devront, d'une position à l'autre, offrir des écarts moindres que ceux des positions I et II comparées entre elles. Pour chacun de mes trois réseaux, et pour 15 des longueurs d'onde les mieux déterminées, j'ai cherché les différences entre les positions I et II et j'ai pris la somme de ces différences; la même opération a été faite sur les longueurs d'onde mesurées dans les positions III et IV. J'ai trouvé effectivement, au moins pour les réseaux A et B, que la première somme était sensiblement plus grande que la seconde, ce qui paraît indiquer une forme prismatique dans les lames; pour le réseau C, l'écart entre les deux sommes était de sens opposé, et d'ailleurs plus faible, de sorte qu'on ne peut l'attribuer qu'à des erreurs accidentelles.

6. Après avoir examiné l'influence de la forme prismatique des lames, essayons d'apprécier celle que pourrait exercer l'autre forme régulière admissible, la forme lenticulaire. Pour plus de simplicité, considérons d'abord le cas d'une lentille plan-convexe, portant le réseau sur sa face plane, et dont l'axe passe par le point milieu du réseau et est perpendiculaire à la face plane. Soit (Pl. I, fig. 5) A B *a b* le large faisceau de lumière parallèle qui, du collimateur, tombe sur le réseau; la face chargée des traits est tournée vers la lunette CD; nous nous bornons à la disposition où, comme dans mes expériences et dans les figures 2 et 4, la lunette reste normale à la face du réseau, tandis que celui-ci prend diverses inclinaisons par rapport au collimateur. Le faisceau A B subira une réfraction dans la lentille FE, et, en arrivant sur la face F *d c* E, il aura une convergence telle, que tous les rayons, s'ils continuaient librement leur marche, se réuniraient au foyer principal H

[1]) *Archives du Musée Teyler*, Tom I, pag. 5.

de la lentille sur la direction de l'axe secondaire IH. Pour tous les rayons du faisceau incident, dont la surface d'onde est représentée par *be*, la concordance de phase ne se rétablirait qu'au moment où ils se rencontreraient au point H. En menant par *d* la droite *dl* parallèle à A*a*, et abaissant sur *dl* la perpendiculaire *cf*, la longueur *df* serait la différence de chemin des rayons incidents A*a* et B*b* prise depuis *d* et *c*, si ces rayons avaient pénétré par une surface parfaitement plane et parallèle à F*dc* E. Dans l'hypothèse actuelle, au contraire, il faut, du point H comme centre et avec le rayon H*e*, décrire un arc de cercle, coupant H*d* en *g*; la longueur *dg*, un peu plus grande ici que *df*, représentera alors cette différence de chemin des deux rayons extrêmes. Mais la différence de chemin de deux rayons successifs du faisceau n'augmente pas constamment dans le même rapport en allant de H*c* vers H*d*; l'arc *cg*, en effet, passe, dans la figure, près de l'axe secondaire de la lentille, au-dessus de la droite *cf*; d'un côté de cet axe la différence de chemin de deux rayons successsifs sera donc un peu augmentée, de l'autre, diminuée. En employant une pareille lame lenticulaire on pourra donc s'attendre à trouver, pour une même longueur d'onde, un décroissement — bien faible, il est vrai, — de la déviation, dû à un léger changement dans la différence de chemin des rayons tombant en *d* et en *c*, lesquels seuls déterminent ici la déviation, puisque la lunette, toujours perpendiculaire à la lame, ne donne lieu à aucune différence de chemin; en outre, on pourra s'attendre à voir un peu de confusion s'introduire dans les phénomènes, en vertu de la marche irrégulière qu'affecte la différence de chemin, d'un des rayons extrêmes à l'autre. Une inversion entre les côtés droit et gauche de la lentille, entre F et E, produite, soit en faisant arriver la lumière incidente du côté opposé, soit en retournant la lentille de 180° dans son plan, n'aura aucune efficacité pour l'élimination des erreurs et de la confusion.

7. Supposons maintenant (fig. 6) que la face plane et rayée de la lame, au lieu de regarder la lunette, soit tournée du côté opposé; dans ce cas, la lumière incidente n'a plus rien à souffrir de la forme lenticulaire de la lame; elle tombe sur une face plane F*ba* E, et la différence de chemin, régulièrement croissante de B*b* en A*a*, est égale à *ae* pour ces deux rayons extrêmes.

Toutefois, si la lunette est réellement mise au point pour la vision à l'infini, il n'y a que les rayons parallèles, tels que D*d* et C*c*, qui se concentrent au foyer de la lunette, et auxquels l'oculaire rende, pour l'œil, une direction à peu près parallèle. Or des rayons qui émergent parallèlement, comme *d*D et *c*C, ne peuvent provenir que de rayons

élémentaires ayant, à l'intérieur de la lentille, un parcours *bd* et *ac* exactement le même que s'ils étaient partis du foyer principal H. Décrivons, du point H comme centre, le petit arc de cercle *ab*; il est clair que, à partir de l'axe principal H I, les rayons successifs à droite et à gauche acquerront une légère différence de chemin, lentement croissante, par rapport au rayon qui coïncide avec l'axe principal. Réciproquement, les rayons qui composent le faisceau C*c* D*d* et qui entrent dans la lunette jouiront donc de la propriété, aussi bien à droite qu'à gauche de l'axe principal, d'être en avance sur le rayon de l'axe, d'une petite différence de chemin, qui croît peu à peu à mesure que les rayons s'écartent davantage de ce rayon central. Cette différence de chemin, puisqu'elle augmente également à droite et à gauche du rayon de l'axe, n'a pas la marche régulièrement progressive qui lui serait nécessaire pour exercer une influence sur la position des maxima de lumière dans les spectres; tout ce qu'elle pourra faire sera d'apporter une confusion plus ou moins sensible dans ces spectres. Une rotation de la lentille de 180° dans son plan n'aura d'ailleurs pas plus d'effet utile ici que dans le cas précédent.

8. Dans le cas de la figure 6, il suffira de faire rentrer d'une petite quantité le tube qui porte l'oculaire de la lunette, tandis que dans celui de la figure 5, il faut faire rentrer de la même quantité le tube qui porte la fente éclairée du collimateur, pour corriger à peu près le défaut de netteté du spectre, ainsi que la très minime erreur de déviation qui pourrait éventuellement l'affecter.

Je ne traiterai pas séparément, pour l'hypothèse de la forme plan-convexe de la lame du réseau, les cas qui correspondraient aux figures 1 et 3, c'est-à-dire dans lesquels l'axe du collimateur serait placé perpendiculairement à la lame; ce qui s'y rapporte est compris dans ce qui précède.

9. Donnons à la lame la forme d'une lentille biconvexe, représentée en coupe par EF (Pl. I, fig. 7). Nous supposerons que les traits du réseau, bien qu'étendus maintenant sur une surface convexe, sont pourtant tracés, dans la direction de la corde commune, à des distances égales l'un de l'autre, ce qui, d'après la manière de construire les réseaux, est de beaucoup le cas le plus probable.

Si la face rayée F*d* *c*E est tournée vers l'œil, l'influence exercée par la lentille, comme telle, est la même que ci-dessus Fig 5.; c'est-à-dire que le faisceau de lumière parallèle incidente, auquel on a donné ici une position un peu excentrique, tombe sur la face F*d* *c*E de telle sorte que, venant à émerger, elle convergerait vers H, foyer principal

sur l'axe secondaire I H. Cet effet pourra donc être compensé de la même manière que tout à l'heure, en faisant rentrer d'une petite quantité le porte-fente du collimateur. Mais les ondes élémentaires ne partent plus maintenant d'une surface plane, mais d'une surface courbe *dc;* elles sont donc dans les mêmes conditions que si elles provenaient du centre de courbure K de cette face de la lentille. En analysant les circonstances de plus près, on voit que la lumière atteint en effet le réseau superficiel *dc* dans une phase comme si elle avait subi la réfraction complète de la lentille. Mais les ondes élémentaires de Huyghens qui partent de tous les points de *dc* ont, par rapport à une surface d'onde plane, *hi* p. e., entre elles des différences de chemins, comme si elles sortaient du point de courbure K. Ces différences de chemin pourraient être annulées en donnant à la lumière incidente une convergence telle que ses rayons iraient se réunir dans un point H′ situé en bas à la même distance de la lentille que K est situé en haut. La réfraction par la lentille exige donc une divergence, la courbure de F*de* E une convergence de la lumière incidente, pour être corrigée. Si les surfaces sphériques qui limitent la lentille ont des rayons égaux les choses se passent très simplement ici. Si *r* représente ce rayon de courbure commun, la distance focale principale, pour une lentille de verre ordinaire ou de crown-glass, ne s'éloigne pas beaucoup de *r*, et la distance de K à *dc* est exactement *r;* la distance de H à I est donc égale à celle de K à I; c'est-à-dire, la convergence que la lumière prend en passant par la lentille est précisément égale à celle qui serait exigée pour éliminer l'effet de la courbure du réseau. On ne touchera donc point du tout à la fente du collimateur, et on la laissera en place pour l'infini ainsi que les fils d'araignée de la lunette. En ce sens, il est assez indifférent pour les observations que la lame appartienne réellement à une glace parallèle, ou bien qu'elle soit une lentille biconvexe de très long foyer, pourvu toutefois que l'axe de la lentille passe par le milieu du réseau ou, autrement, que le réseau soit tracé sur le milieu de la lentille.

Lorsque (Pl. I, fig. 8) la face rayée regarde le collimateur, nous avons d'abord l'action exercée par le verre, en tant que lentille, sur les ondes élémentaires qui partent de *ba*, action en vertu de laquelle les ondes qui émergent suivant des parallèles à *d*D et *c*C de *d* à *c* se trouvent constituées dans des phases, comme si elles étaient destinées à se réunir en bas de la lentille au point correspondant au foyer principal H. — En second lieu, les rayons primitifs ne tombent pas, entre *b* et *a*, sur une surface plane, mais sur la surface courbe *b a*. C'est à peu près comme s'ils tombaient sur une surface plane *b a*, après être partis d'un point K′,

situé sur la direction de l'axe du faisceau A*a* B*b* et à une distance de la surface égale à celle dont le centre de courbure K en est éloigné vers le bas. En effet, les distances entre l'arc *a* L *b* de la lentille FLE et la corde *ab* sont égales aux distances entre l'arc *be* et sa corde. Pour avoir les valeurs véritables des retards que les rayons latéraux, tels que B*b* etc., éprouvent par rapport à l'axe du faisceau B*b* A*a*, lequel tombe précisément sur le milieu L de la lentille, il faudrait prendre pour ce rayon central la flèche de l'arc *a* L *b* et pour tous les autres rayons les distances correspondantes entre l'arc *a* L *b* et sa corde, diviser ces grandeurs par le cosinus de l'angle H L K′, puis chercher les différences des résultats. Mais, comme l'angle H L K′ ne devient jamais très grand, on n'aura simplement qu'à supposer le point K′ un peu plus rapproché de L. Pour compenser l'effet de la convexité de la surface rayée, il suffira donc de nouveau de rendre la lumière incidente légèrement convergente, en éloignant la fente éclairée du collimateur. — La forme lenticulaire de la lame, par l'influence qu'elle exerce sur les ondulations élémentaires, exige au contraire que l'oculaire de la lunette ou la fente soit rapprochée de son objectif. Il ne saurait être question ici d'élimination de l'influence due à la courbure des surfaces, au moyen d'une seconde mesure exécutée après avoir imprimé à la lame une rotation de 180° dans son plan. Mais on voit que les mouvements opposés de rapprochement et d'éloignement qu'on serait conduit à donner à la fente éclairée se balanceront de nouveau approximativement, et qu'ainsi, entre certaines limites, il sera encore indifférent que la lame soit plane ou légèrement biconvexe.

Pour une lentille plan-convexe portant les traits sur sa face courbe, on voit de même, immédiatement, qu'une compensation partielle se fera entre l'influence de cette courbure et celle de l'action réfringente de la lentille: le rapprochement de la fente éclairée qu'exigerait la réfraction compensera pour moitié environ l'éloignement exigé par l'effet de la courbure de la surface.

10. On reconnaît aussi, sans peine, ce qui devra arriver lorsque la lame de verre ne formera plus une lentille convergente, mais une lentille divergente, c'est-à-dire plan-concave ou biconcave; et il n'est pas plus difficile de déterminer, dans le premier de ces deux cas, la différence qui s'établira suivant que les traits seront tracés sur la face plane ou sur la face concave, toujours dans la supposition qu'ils se trouvent à des distances égales l'un de l'autre, dans la direction de la corde de l'arc de courbure.

Résumons les résultats. Quand les lames de verre n'ont pas été pri-

ses sur une glace parfaitement parallèle, on peut se les figurer comme des prismes de petit angle ou comme des lentilles convergentes ou divergentes à long foyer. Si elles forment des prismes, et si l'arête du prisme est perpendiculaire aux traits du réseau, le défaut de la forme n'a absolument aucune influence sur la déviation des raies du spectre dans la lumière diffractée. Dans l'autre cas extrême, celui où l'arête du prisme est dirigée parallèlement aux traits du réseau, le défaut en question produit son maximum d'effet sur la déviation, effet qu'on parvient à éliminer, à des grandeurs d'ordre supérieur près, à l'aide de mesures prises à droite et à gauche du zéro, ou en tournant la lame de 180° dans son plan. La position la plus avantageuse de la lame est ici toujours celle où l'axe du collimateur ou celui de la lunette demeure constamment normal à l'une de ses faces, celle-ci portant le réseau et n'étant pas tournée vers l'axe en question; dans ces conditions, en effet, l'influence que la déviation éprouve de la part de la forme prismatique est un minimum, et l'élimination de l'erreur, obtenue par les moyens précités, devient aussi complète que possible.

Lorsque la lame forme une lentille biconvexe ou biconcave de long foyer, ou bien une lentille plan-convexe ou plan-concave, et lorsque l'axe principal de la lentille passe par le milieu du réseau, est situé horizontalement et rencontre l'axe du cercle divisé, alors l'influence de la forme, — qui a pour résultat général de rendre les spectres confus, et d'altérer peut-être infiniment peu la déviation, — est d'elle-même à peu près nulle pour les deux lentilles de la première espèce, et toujours petite pour les deux autres; elle se traduira, pour ces dernières, par un léger déplacement qu'il faudra faire subir à la fente éclairée du collimateur ou à l'oculaire de la lunette. Lorsque, dans ces cas, le réseau est tracé sur la face convexe ou concave, l'influence exercée par le vice de forme, toujours de nature à pouvoir être corrigée par un déplacement de la fente ou de l'oculaire, exigera un déplacement en sens contraire de celui qui est exigé lorsque le réseau est tracé sur la face plane; c'est-à-dire, au lieu de faire rentrer la fente du collimateur, on devra alors la faire sortir.

Quand l'axe de la lentille qui porte le réseau ne coupe plus l'axe du cercle divisé, sur lequel la lame est disposée de telle sorte que son milieu corresponde au centre du cercle, cas qu'on trouve déjà réalisé Fig. 7, — quand par exemple, pour fixer les idées, la lame forme une demi-lentille biconvexe, — alors on peut la ramener, ce me semble, à la superposition d'un prisme et d'une lentille biconvexe entière dont l'axe rencontrerait de nouveau celui du cercle divisé et coïnciderait avec la normale au plan bissecteur de la lame composée. Dans ce cas, la part

d'action qui revient au prisme, et qui affecte la déviation, se laissera éliminer comme ci-dessus, en mesurant la déviation pour deux positions de la lame différant de 180° l'une de l'autre, et prenant la moyenne des deux résultats.

Parmi toutes les formes que nous avons attribuées à la lame qui reçoit le réseau, formes toujours régulières bien que s'écartant plus ou moins du parallélisme normal, il n'y en a donc aucune qui semble pouvoir agir comme lentille convergente pour les spectres de gauche, par exemple, et comme lentille divergente pour les spectres de droite. Là où la lame présente ce phénomène, il y a donc une autre cause qui doit entrer en jeu.

11. Outre l'imperfection de forme de la lame, il y a à considérer, comme nous l'avons dit, celle qui résulte de ce que les traits du réseau ne se trouvent pas partout à la même distance l'un de l'autre. C'est là la source principale des erreurs inhérentes au réseau lui-même, celle dont Fraunhofer [1]), MM. Mascart [2]) et Ditscheiner [3]) ont eu à se plaindre. Ce dernier surtout a appelé l'attention sur ce défaut. De la manière dont on procède dans la construction des réseaux, ce qui est à craindre, ce n'est pas tant de voir la distance des traits varier continuellement d'un point à l'autre, mais plutôt de trouver des séries entières de traits, de 100 ou d'un plus grand nombre, par exemple, qui se sont placés à une distance relativement trop grande ou trop petite, par suite d'un léger dérangement occasionné dans l'appareil par une vibration ou un choc venus du dehors. Un réseau d'un demi-pouce de Paris de largeur pourra, par exemple, être considéré comme un assemblage de deux, trois ou un plus grand nombre de réseaux élémentaires, différant un peu entre eux par l'espacement des traits, et formant chacun ses spectres particuliers. Lorsque le spectre n'aura que peu de largeur, ces spectres élémentaires se recouvriront encore assez exactement pour que les différentes lignes noires dues aux divers réseaux pour une même raie paraissent se toucher, et il n'en résultera qu'un élargissement de la raie observée; mais lorsque la largeur du spectre augmentera, les lignes très rapprochées, ou en recouvrement partiel, s'écarteront et sembleront former deux ou plusieurs raies distinctes. Dans les spectres d'ordre inférieur, ce sera donc naturellement le point le plus obscur de la raie simplement dilatée qu'on visera; dans les spectres d'ordre supérieur, on sera

---

[1]) Schumacher's *Astron. Abhandl.*, T. II, pag. 76.

[2]) *Annales de l'École normale*, T. I, pag. 250.

[3]) *Wiener Berichte*, T. L, part. 2, pag. 313; T. LII, part. 2, pag. 293.

embarrassé de savoir laquelle des raies distinctes, en lesquelles la raie primitive s'est séparée, devra être mesurée, et ordinairement on se tirera d'affaire comme je l'ai fait pour le réseau B dans le petit nombre de cas où cette difficulté s'est présentée, c'est-à-dire qu'on choisira la raie la plus forte, la plus foncée, la plus obscure. Il n'est pas certain toutefois que cette manière de trancher la difficulté soit à l'abri de tout reproche; peut-être vaudrait-il mieux prendre le milieu du faisceau double, triple ou même multiple dans lequel la raie a été en apparence résolue. — Dans ce qui précède gît, à mon avis, la source principale des écarts qu'on trouve entre les résultats déduits, pour les longueurs d'onde, de spectres d'ordres différents; ces résultats varient d'ailleurs aussi, en général, quand on donne une installation nouvelle au réseau, ces déplacements ayant pour effet de faire correspondre au centre de l'appareil, tantôt un des groupes de traits du réseau, tantôt un autre groupe. En tout cas, en visant le point le plus obscur de chaque raie dilatée, dérangeant à différentes reprises le réseau, de manière à donner la position centrale successivement à des groupes différents, et prenant la moyenne de tous les résultats, on obtiendra la valeur qui correspond, avec le plus de probabilité, à la distance de deux traits consécutifs du réseau telle qu'on la trouve en divisant simplement la largeur totale par le nombre total des fentes.

L'inégalité de profondeur des sillons, par conséquent l'inégalité de largeur des traits opaques, se présentera plus rarement [1]). Une pareille inégalité ne se traduira pas par une erreur dans la déviation des raies du spectre; elle aura pour effet essentiel de modifier l'intensité des spectres et d'y introduire de la confusion, effet qui concourra avec celui de l'erreur des distances mutuelles, et pourra ainsi, dans le cas le plus défavorable, effacer entièrement certains spectres ou en rendre les raies invisibles. Il n'est pas à supposer que les mêmes traits puissent être plus rapprochés entre eux à une de leurs extrémités qu'à l'autre; nous n'avons donc pas à nous occuper de cette irrégularité.

[1]) Ditscheiner, *Wiener Berichte*, T. L, part. 2, p. 294; T. LII, part. 2, p. 309.

Sur les erreurs dues au collimateur et à la lunette.

12. Nous voici arrivés à une source de confusion et d'erreurs dont fréquemment on n'a tenu aucun compte, et dont il est assez difficile d'éliminer l'effet. Nous regardons les objectifs du collimateur et de la lunette d'observation comme achromatiques : mais cet achromatisme n'est jamais parfait. Nous admettons que l'aberration de sphéricité de ces objectifs est corrigée : et pourtant, dans les instruments dont on fait usage, il est certain que la correction n'est jamais poussée assez loin pour que le foyer principal des rayons du centre et celui des rayons du bord coïncident exactement.

Prenons d'abord le défaut d'achromatisme. Soit le réticule de l'oculaire de la lunette mis au point pour une lumière placée à l'infini, et soit la distance de la fente éclairée à son objectif réglée en conséquence. Pour la lumière de réfrangibilité moyenne, pour la raie D par exemple, il est très vrai qu'on observe alors dans la lumière parallèle et que les phénomènes de diffraction s'exercent sur de la lumière parallèle. Mais supposons les objectifs trop peu achromatisés : il est non moins certain que, pour la lumière rouge, et rien n'étant changé à la position de la fente ni à celle de l'oculaire, il n'y aura que des rayons divergents qui tomberont sur le réseau, et que des ondulations élémentaires convergentes pourront seules se réunir au foyer de l'oculaire. Pour la lumière violette, au contraire, les rayons venus de la fente tomberont en convergeant sur le réseau, tandis que, après la diffraction, il n'y aura que des ondulations élémentaires divergentes qui se concentrent au foyer de l'oculaire. Lorsque les deux objectifs sont *sur*-achromatisés, les résultats sont naturellement inverses, c'est-à-dire qu'il n'y a qu'à changer l'un pour l'autre les mots *rouge* et *violette*.

Bornons-nous au premier cas, celui dans lequel l'achromatisme est insuffisant; pour plus de simplicité, nous pouvons même supposer que les objectifs ne sont pas achromatisés du tout, que ce sont des lentilles convexes ordinaires. Il est clair d'abord, qu'on parviendrait à éliminer entièrement ce défaut, en s'astreignant à changer et à régler continuellement, pour chaque raie du spectre, la position de la fente et celle de l'oculaire. Prenons maintenant que le collimateur et la lunette n'aient pas été mis exactement au point (fig. 9) : que, par exemple, le collimateur fournisse de la lumière incidente divergente, et que l'oculaire de la lunette soit disposé pour des rayons convergents. Soit A le point d'où diverge la lumière incidente, et H l'angle que l'axe du cône inci-

dent fait avec la lame, supposée simplement à faces parallèles ; soit B le point vers lequel convergent les rayons recueillis par la lunette, et nommons V l'angle que l'axe de la lunette fait avec la lame. Les droites A*a* et A*f* sont les rayons incidents extrêmes, et les droites B*c* et B*e* sont les rayons diffractés correspondants recueillis dans la lunette; les lignes *ab* et *cd* sont menées des points *a* et *c* perpendiculairement aux axes du collimateur et de la lunette. Représentons A*a* par *a*, et l'angle A par A ; la distance de deux traits consécutifs du réseau est Q ; désignons B*c* par *b* et l'angle *c*B*e* par B. On a alors :

$$bf = a\,\frac{\sin.(H+\frac{1}{2}A)-\sin.(H-\frac{1}{2}A)}{\sin.(H-\frac{1}{2}A)} = Q\,\frac{\sin.(H+\frac{1}{2}A)-\sin.(H-\frac{1}{2}A)}{\sin.\ A}$$

$$= Q\,\frac{\cos.\ H}{\cos.\ \frac{1}{2}A},$$

et $$de = b\,\frac{\sin.(V+\frac{1}{2}B)-\sin.(V-\frac{1}{2}B)}{\sin.(V-\frac{1}{2}B)} = Q\,\frac{\sin.(V+\frac{1}{2}B)-\sin.(V-\frac{1}{2}B)}{\sin.\ B.}$$

$$= Q\,\frac{\cos.\ V}{\cos.\ \frac{1}{2}B};$$

par conséquent, en observant que $\cos.\ \frac{1}{2}A$ et $\cos.\ \frac{1}{2}B$ peuvent être pris égaux à l'unité,

$$bf + de = Q\left(\frac{\cos.\ H}{\cos.\ \frac{1}{2}A}+\frac{\cos.\ V}{\cos.\ \frac{1}{2}B}\right) = Q\,(\cos.\ H + \cos.\ V)$$

Or, cette valeur est la même que celle qu'on obtient pour la différence de chemin lorsque la lumière incidente et la lumière recueillie sont toutes deux composées de rayons parallèles. On voit donc que le défaut d'achromatisme ou le défaut de la mise au point du collimateur et de la lunette, pourvu qu'ils ne soient pas poussés trop loin, n'exerceront aucune influence sur la déviation des raies ou sur les longueurs d'onde trouvées, et qu'ils n'auront d'autre effet que d'affaiblir les raies ou de les rendre confuses.

Dans ce qui précède est compris tout ce qu'il y aurait à dire sur l'effet produit, en général, par une petite erreur dans le parallélisme, soit de la lumière incidente, soit des rayons recueillis par la lunette.

13. Reste maintenant à parler de l'aberration de sphéricité des objectifs. Comme on le sait, ce défaut peut prendre des proportions très notables dans les lentilles ordinaires; c'est surtout l'aberration longitudinale que j'ai ici en vue. Nous pouvons hardiment admettre que, dans tous les instruments qui ont servi aux mesures dont il s'agit, les objectifs conservaient une aberration de sphéricité très appréciable. La fente

rectiligne de mon collimateur, par exemple, vue dans la lunette d'observation, donne une image sensiblement courbée aux extrémités.

Considérée en elle-même, cette aberration de sphéricité n'introduira pas non plus de faute proprement dite dans les déviations à mesurer pour les différentes raies du spectre. Il en résultera seulement une certaine confusion dans le cas où le réseau, supposé à traits également espacés partout, recouvre la surface entière de l'objectif; lorsque le réseau n'occupe pas toute la largeur de l'objectif, l'influence perturbatrice des rayons marginaux de droite et de gauche diminuera d'autant, et les spectres gagneront en netteté.

14. Mais nous avons déjà concédé que les réseaux ne sont jamais parfaits, et que, très vraisemblablement, presque tous se composent de deux, de trois ou d'un plus grand nombre de groupes de lignes juxtaposés, la distance des lignes variant en plus ou en moins, si peu que ce soit, de groupe en groupe. Nous avons appris à reconnaître dans cette imperfection la source de ces spectres différents, qui se superposent plus ou moins exactement l'un à l'autre, en montrant les mêmes raies répétées deux fois, trois fois, et même davantage pour les plus accentuées. C'est précisément l'aberration sphérique qui donne lieu ici à des phénomènes curieux et inexplicables lesquels nous font attribuer aux réseaux des qualités qu'ils n'ont pas. En tenant compte de toutes les circonstances on voit que, en général, on a affaire à des spectres multiples en recouvrement imparfait, et qui, procédant de réseaux partiels situés à des distances différentes de l'axe de la lunette, sont formés par des rayons tombant de plus en plus près des bords de l'objectif. Habituellement, en vertu de l'aberration de sphéricité, il faudra donc faire rentrer de plus en plus l'oculaire pour distinguer nettement ces spectres constitués par des radiations marginales. *Voilà donc des spectres superposés et distinctement visibles pour diverses positions de l'oculaire.* Ce qui vient d'être dit de la lunette s'applique aussi au collimateur : dans la lumière qui en sort, le faisceau central seul est réellement de la lumière parallèle; les rayons qui proviennent des bords sont des rayons convergents. Si l'on ajoute à cela, qu'il peut arriver très facilement, d'après la remarque faite ci-dessus, que le milieu du réseau ne tombe pas précisément dans l'axe du collimateur, — coïncidence qu'il est assez difficile d'obtenir, — et qu'en outre le réseau peut être placé excentriquement, de manière à ne pas passer par l'axe de rotation du cercle, alors on aura un ensemble de causes qui, par suite de l'aberration de sphéricité, rendront nécessaire de déplacer plus ou moins l'oculaire pour voir successivement avec netteté, non-seulement les spectres des réseaux partiels

différents, mais aussi les spectres d'ordre supérieur correspondants au même réseau partiel.

Ordinairement pourtant de tous ces réseaux partiels il y en aura un ou deux, qui prédomineront par le nombre de leur lignes; alors on aura le seul phénomène normal ou bien deux séries seulement de spectres superposés, ce qui simplifiera infiniment la discussion.

Il pourra arriver, quand l'axe du collimateur et celui de la lunette ne passent pas par l'axe de rotation du cercle, qu'en mesurant la déviation de droite, par exemple, on doive même faire rentrer l'oculaire pour bien distinguer un certain spectre, tandis qu'on soit obligé de le faire sortir lorsqu'on observe la déviation de gauche dans le spectre gauche correspondant [1]).

L'aberration de sphéricité est la seule cause qui puisse expliquer l'effet utile du rapprochement ou de l'éloignement de la lentille oculaire pour distinguer les spectres superposés; du moins je n'en aperçois pas d'autre pouvant motiver ici un pareil déplacement [2]). M. Mascart dit, entre autres, que ses lunettes n'étaient pas achromatisées du tout; on peut donc bien supposer qu'elles laissaient à désirer sous le rapport de la correction de l'aberration de sphéricité.

J'ai maintenant achevé d'exposer, aussi clairement qu'il m'a été possible, le résultat de mes recherches sur les erreurs qui peuvent accompagner l'emploi des réseaux. Dans la forme de la lame de verre, dans les défauts de construction du réseau, dans l'aberration de réfrangibilité et de sphéricité des lentilles, je crois avoir trouvé tout ce qu'il faut pour rendre un compte suffisant de tous les phénomènes singuliers, de toutes les anomalies qui se présentent fréquemment. En m'occupant de ce sujet, je n'avais certes pas la prétention de rien découvrir de nouveau; je cherchais pour moi-même un fil qui pût me guider au milieu de la confusion des faits et me conduire à une explication satisfaisante de ce qui était obscur.

Observations générales.

15. Dans les expériences dont il s'agit, la fente du collimateur constitue la source de lumière. Ceci ne doit pourtant pas être entendu comme si la fente devenait réellement un objet lumineux. Ce sont les rayons tombant de tous les côtés sur la fente, qui, après avoir franchi cet étroit espace, continuent à marcher dans leur propre direction, et for-

[1]) Mascart, *Annales de l'Ecole normale supérieure*, T. I, pag. 250 et suiv.

[2]) Voyez: Ditscheiner, *Wiener Berichte*, T. L, part. 2, pag. 313; et Mascart, *Annales de l'École normale supérieure*, T. I, pag. 258 et suiv.; T. IV, pag. 13.

ment ensemble une espèce de cône de rayons liés entre eux, lequel a son sommet dans la fente et sa base à la surface de l'objectif. La fente éclairée occupe le foyer principal de l'objectif, et le cône en question se transforme par suite en un cylindre de rayons parallèles projeté sur le réseau. De tous les points du miroir de l'héliostat, éclairé par le soleil, partent des rayons diffusés qui se coupent dans la fente et constituent le cône. Comment il se fait que tous les rayons qui traversent la fente au même instant peuvent être considérés comme se trouvant exactement dans la même phase, c'est ce qu'on ne voit pas bien clairement; à moins d'en revenir à notre point de départ, c'est-à-dire à moins d'admettre que dans le défilé de la fente l'interférence et le concours se produisent entre les divers rayons, même entre ceux qui se rencontrent sous des angles assez grands, de sorte que la fente peut être regardée comme une source lumineuse n'envoyant à l'objectif que des rayons de phases concordantes J'aimerais pourtant mieux lui substituer dans la pensée l'image centrale, située très près d'elle, qu'elle forme par diffraction de tous ces rayons incidents. On pourrait dire aussi: ce ne sont que les rayons ayant la même phase à la fente qui concourent à former la lumière parallèle, c'est-à-dire la surface d'onde plane, après la réfraction.

16. Mais, outre cette lumière diffusée, le miroir donne aussi des rayons solaires réfléchis régulièrement, et qui se propagent comme s'ils provenaient de la petite image solaire d'un diamètre apparent d'environ un demi-degré. Ces rayons tombent sur la fente, la fente agit comme ouverture étroite, et ainsi se forme sur l'objectif, éloigné dans mon appareil d'environ 30 centimètres, une petite image du soleil, laquelle présente approximativement un diamètre de 5,5 millimètres.

La surface entière de l'objectif, large d'à peu près 30 millimètres, est donc éclairée par la lumière diffuse, et son milieu, sur une largeur de 5,5 millimètres, est frappé par des rayons solaires directs. Le cylindre de lumière parallèle qui tombe sur le réseau a donc aussi un diamètre de 30 millimètres; il se compose de lumière primitivement diffuse, mais sa partie centrale, d'un diamètre de 5,5 millimètres, contient de la lumière d'une intensité beaucoup plus grande, puisqu'elle consiste en rayons solaires directs, réfléchis d'abord régulièrement par le miroir, puis rendus parallèles par l'objectif.

17. La partie du réseau qui, située au-dessus du centre du cercle, tombe dans l'axe du collimateur, reçoit, comme on voit, des rayons solaires directs, et est par conséquent éclairée beaucoup plus vivement que le reste de son étendue. En supposant des erreurs de construction

dans le réseau, ce sera pourtant toujours l'action de cette partie centrale qui prédominera dans les phénomènes de diffraction, c'est-à-dire qui fournira les spectres les plus nets. Mais l'axe de ce noyau cylindrique de lumière intense sera exposé, par suite de changements dans la position du soleil ou dans celle du miroir de l'héliostat, à éprouver lui-même de petits déplacements relatifs et à ne pas coïncider toujours avec l'axe du collimateur; ces déplacements, à leur tour, feront varier les parties du réseau dont l'influence est prédominante dans les phénomènes de diffraction. De là vient que, lorsque dans mes observations j'avais affaire à deux spectres superposés, par conséquent à des raies doublées, je réussissais parfois à renforcer le spectre que je prenais pour le vrai et à le distinguer ainsi du faux, à l'aide d'un petit mouvement imprimé au miroir de l'héliostat entraînant un petit déplacement de l'axe de la lumière solaire directe.

Si, dans ces expériences, on dispose en avant de la fente une lentille convergente de court foyer, et qu'on la place à une distance suffisamment petite de la fente, — pour mon appareil, par exemple, dont l'objectif a une distance focale de 30 centimètres et un diamètre de 3 centimètres, à une distance telle que l'image du soleil formée par la lentille ait, vue de la fente, un diamètre apparent de 5° 45′, — alors le champ entier est rempli de lumière solaire directe, et l'intensité est à peu près la même dans toute l'étendue du cylindre. Cette intensité, comparée à celle du cylindre mince de lumière solaire directe, est augmentée, dans le plan horizontal par exemple, dans le rapport du diamètre de la lentille collectrice en avant de la fente à la largeur de la fente, et diminuée dans le rapport de 5,5 : 30; ou, en général, nommant le diamètre de la lentille a, la largeur de la fente b, et l'intensité lumineuse du cylindre mince I, on a pour la nouvelle intensite uniforme: $I' = \frac{5,5}{30} \times \frac{a}{b} I = \frac{1}{5,4} \frac{a}{b} I$. Souvent on donnera à une lentille cylindrique la préférence sur une lentille biconvexe; dans ce cas, on devra naturellement substituer à a la largeur de cette lentille.

18. Lorsque, la lumière parallèle incidente étant par exemple normale au réseau, on observe successivement, pour une même raie, la déviation à droite et à gauche, ou lorsqu'on répète la mesure d'une même déviation, soit droite, soit gauche, le meilleur caractère pour juger si l'on opère réellement sur des spectres provenant du même réseau partiel central consisterait dans la fixité, aussi approchée que possible, de la déviation et de la position de l'oculaire. Si les axes du collimateur et de la lunette rencontrent toujours l'axe de rotation du

cercle, et si la surface sur laquelle est gravé le réseau se trouve centrée aussi exactement que possible sur le cercle, on peut être assuré que, pour une série déterminée de traits formant le réseau partiel central, la position de l'oculaire sera la même pour le spectre de gauche et pour le spectre correspondant de droite. Quand on observe, comme moi, sans employer de lentille pour recueillir la lumière solaire, et qu'on a soin de maintenir, aussi exactement que possible, dans l'axe du collimateur les rayons solaires réfléchis directement et venant tomber sur le réseau, on obtient dans l'égalité d'intensité maximum une nouvelle garantie que les spectres de droite et de gauche sont bien dus au même système de lignes du réseau, savoir au système central.

19. Après toutes les causes d'erreur qui ont déjà été signalées, il convient de revenir sur celle qui résulterait d'une inégalité périodique de la profondeur des traits du réseau, inégalité qui ferait varier le rapport $\frac{b}{b+c}$ entre la largeur b de la partie transparente et la largeur réunie de cette partie transparente et du sillon opaque voisin c. La valeur $b+c$ détermine la déviation d'une raie quelconque du spectre, mais l'intensité de la lumière dans ce spectre dépend de $\frac{b}{b+c}$; il se peut donc fort bien que, $b+c$ demeurant constant, l'intensité de la lumière n'en éprouve pas moins une variation, par suite d'un accroissement de l'une des grandeurs b ou c et d'un décroissement égal de l'autre.

Récapitulons maintenant toutes les influences perturbatrices successivement reconnues : forme lenticulaire ou prismatique du verre dans lequel la lame a été taillée, inégalités dans la distance et la profondeur des sillons, défaut d'achromatisme et aberration de sphéricité des objectifs, coïncidence imparfaite entre la fente ou le réticule de l'oculaire et le foyer de leurs objectifs respectifs, position défectueuse des axes du collimateur et de la lunette, ces axes ne passant pas exactement par l'axe de rotation du cercle ou n'étant pas rigoureusement parallèles au plan du cercle, enfin petits dérangements dans l'installation du réseau sur la plate-forme du cercle, la surface proprement dite du réseau cessant, par exemple, de contenir l'axe de rotation; rappelons en outre les erreurs qui résultent de ce que les traits du réseau ne sont pas strictement parallèles à l'axe de rotation du cercle, ou de ce que l'axe du collimateur ou de la lunette ne conserve pas pendant toute la durée des observations la direction normale au réseau qu'on lui avait donnée d'abord, — erreurs dont j'ai déjà traité dans mon premier Mémoire, — et nous aurons des motifs suffisants de douter que, par ce

procédé, on arrive jamais à des résultats bien concordants pour les longueurs d'onde.

Lorsqu'on s'adresse aux rayons solaires réfléchis directement, sans lentille, et qu'on s'applique à conserver à ces rayons une direction bien centrale, — ce que j'avoue pourtant avoir bien des fois perdu de vue, — alors, quelle que soit la largeur du réseau, $\frac{1}{2}$ ou $\frac{2}{3}$ de pouce de Paris par exemple, et en supposant qu'il ait été bien installé, avec son milieu au-dessus du centre du cercle, on n'a à tenir compte que de sa partie centrale. Mais, en mesurant la largeur du réseau et la divisant par le nombre de traits, qui nous garantit que les erreurs dans les distances mutuelles sont distribuées de telle sorte que la valeur obtenue pour $b+c$ corresponde exactement à la partie centrale du réseau, à celle dont on a fait usage?

20. En présence de la multiplicité des erreurs qui sont à craindre, on se demandera naturellement comment on obtiendra pour les longueurs d'onde les résultats offrant en définitive le plus de chances d'exactitude. Lorsque, observant le même jour, dans des conditions semblables et avec une lame demeurée aussi fixe que possible, on mesure à différentes reprises la déviation d'une certaine raie, par exemple dans le même premier, second ou troisième spectre; et qu'on en déduit la longueur d'onde, on trouve des résultats qui diffèrent très peu entre eux. Mais si, au lieu de s'en tenir à un même spectre, on compare le résultat auquel a conduit le premier spectre avec la longueur d'onde déduite du second, du troisième, ou, en général, d'un spectre d'ordre supérieur, on rencontre — ainsi qu'il m'est arrivé — des divergences notables, dans lesquelles il est souvent possible de saisir une espèce de marche régulière.

Lorsque ensuite, tout étant resté dans le même état, on recommence les observations le jour suivant ou après plusieurs jours d'intervalle, on obtient encore les mêmes résultats, pourvu, bien entendu, que dans les deux cas les corrections connues aient été convenablement faites, par exemple, pour ma manière d'opérer, la correction nécessitée par une petite déviation dans la position perpendiculaire du réseau et de l'axe de la lunette.

Mais si, dans l'intervalle écoulé entre les deux séries d'observations, on a touché à la lunette, enlevé le réseau de la plate-forme, etc., on aura beau user des soins les plus minutieux pour remettre les diverses pièces de l'appareil dans la bonne position, les nouvelles observations, corrigées exactement de la même manière, n'en donneront pas moins pour la longueur d'onde une valeur qui, déjà dans le spectre du même ordre, s'écartera de celle obtenue en premier lieu.

Je parle ici par expérience. Dans mes observations les choses se sont toujours passées comme je viens de le dire : accord très satisfaisant entre les résultats successifs quand, de l'un à l'autre, aucune partie de l'appareil n'avait été dérangée et qu'ils provenaient de spectres du même ordre, désaccord manifeste dans le cas contraire.

La position du réticule de ma lunette est restée invariable, je crois, pendant toute la durée de mes observations sur les réseaux B et C. Je me suis si souvent assuré de la verticalité du réseau, d'après le procédé indiqué par M. Meyerstein, c'est-à-dire à l'aide de l'image réfléchie du réticule, — et j'ai si fréquemment dirigé la lunette sur le zéro, c'est-à-dire sur la fente, ce qui m'aurait nécessairement fait remarquer et corriger un trop grand défaut de netteté de l'image de la fente, que je puis bien admettre aussi, que le réticule et la fente illuminée se sont toujours trouvés très approximativement aux foyers principaux de leurs objectifs [1]). Je n'ai pas, il est vrai, pour assurer ce résultat, appliqué systématiquement la méthode exposée page 202: car je me rappelle fort bien que je tâchais de régler la position du réticule de la lunette en dirigeant celle-ci sur un objet situé à l'infini; mais l'application répétée de la méthode de la page 76 m'aurait certainement fait découvrir des écarts considérables, s'il en avait existé de ce genre.

Tout ce que j'avais lu dans le premier Mémoire de M. Mascart sur le danger de passer involontairement à de faux spectres accessoires, par suite d'un petit déplacement du foyer de l'oculaire, — joint à la circonstance que mon appareil ne permettait que la mesure des déviations de gauche, ce qui me laissait entièrement dépendant de la position du zéro, qu'il fallait déterminer soit avant soit après, — tout cela m'avait tellement effrayé que je m'abstins, pendant des séries entières d'observations, de toucher à l'oculaire. J'aimais mieux sacrifier quelque chose de la netteté des raies les moins et les plus déviées du spectre, c'est-à-dire des raies situées dans le rouge et le violet extrêmes, que de donner directement prise au soupçon d'être passé à un spectre accessoire, ou que de risquer, par un léger dérangement de l'axe de la lunette, de perdre la connaissance exacte de la position du zéro et d'introduire ainsi une erreur constante. La cause de tous les changements dans les longueurs trouvées ne doit pas être cherchée ailleurs que dans les petites variations des distances mutuelles des fentes dans les divers groupes du réseau qui fonctionnent successivement comme groupe principal, pour certaines observations, dans certain spectre, ou avec certain nouvel arrangement.

---

1) Voyez: *Archives*, T. I, pag. 79 et 202.

La diversité des influences perturbatrices et les variations auxquelles elles sont soumises autorisent à croire qu'elles agissent tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. L'idée se présentait donc tout naturellement de ne pas leur appliquer la notion de fautes constantes, mais de les regarder comme des causes d'erreurs accidentelles, et d'abandonner par suite aux probabilités le soin de leur neutralisation. Si l'on veut bien se rappeler maintenant que j'ai mesuré avec trois réseaux différents, pour deux desquels j'ai déterminé directement la largeur, et qu'ainsi il s'est fait peut-être une certaine compensation mutuelle entre les défauts de construction qui leur sont inhérents, puisqu'il est assez improbable que ces défauts aient donné dans les résultats des écarts de même signe pour les trois réseaux; si l'on considère en outre que je n'ai trouvé aucune anomalie très marquée dans la forme du verre des réseaux, et que, ne pouvant avec mon instrument observer les déviations que dans une seule direction, j'ai donné à chaque lame successivement quatre positions différentes; alors, — en tenant compte aussi de l'impossibilité de déduire les corrections nécessaires des matériaux que j'avais sous la main, et peut-être aussi du désir de ne pas rendre la tâche trop pénible, — on ne blâmera pas le parti auquel je me suis arrêté, de regarder comme également bons tous les résultats fournis par les différents réseaux et par les spectres des différents ordres, et d'en prendre simplement la moyenne, parfois avec quelques modifications légères indiquées par les résultats eux-mêmes.

Il est une circonstance, toutefois, à laquelle j'ai eu égard, du moins pour les réseaux B et C. J'ai toujours déterminé l'erreur de collimation de la lunette, c'est-à-dire j'ai toujours ramené celle-ci sur le zéro, après avoir interposé le réseau; de cette manière la forme prismatique éventuelle du verre pouvait exercer son influence sur les déviations enrégistrées et il en était tenu compte à un certain degré dans le plus grand nombre des cas. Je dois dire pourtant qu'aucun de mes réseaux ne m'a offert une différence notable dans la position du zéro suivant que la lame était interposée ou éloignée.

21. Qu'importe que, aujourd'hui, l'appareil restant fixe et la position de la lame invariable, on retrouve constamment la même déviation et la même longueur d'onde pour une certaine raie, si demain, en opérant avec les mêmes soins après avoir mis de nouveau la lame en place on trouve un écart notable dans la valeur de la longueur d'onde, sans qu'on puisse assigner directement la cause de cette différence? Qu'importe l'accord entre les résultats des mesures prises dans le premier spectre, si ceux qu'on déduit des spectres d'ordres supérieurs s'en

éloignent sensiblement, sans qu'on puisse remonter directement à la raison de cette divergence? Telle a pourtant été, trop fréquemment, la situation dans laquelle je me suis vu placé. Les éléments indispensables pour le calcul d'une correction partielle me faisant défaut, les écarts changeant fréquemment de signe, et l'espèce de marche régulière que montraient parfois les résultats dérivés de spectres d'ordre différent se modifiant avec la position du réseau ou avec le réseau lui-même, que pouvais-je faire autre chose que de regarder tous les écarts comme le résultat d'erreurs accidentelles, tombant dans le domaine du calcul des probabilités?

Je n'attache pas toujours grande importance à des résultats expérimentaux montrant entre eux un accord remarquable: ils font naître involontairement la crainte de l'existence d'erreurs constantes, et il n'arrive que trop souvent qu'une nouvelle détermination, faite dans des conditions différentes ou par un autre observateur, ne confirme cette appréhension.

Mes mesures.

22. Je vais maintenant communiquer les résultats de mes mesures d'une manière beaucoup plus complète que je ne l'avais fait dans le premier fascicule des *Archives*. J'ai repris mes registres de 1865, date de ces observations, et je les ai compulsés de nouveau. Comme résultat de ce nouveau dépouillement je donnerai ici quelques raies de plus que dans mes tables primitives; des recherches postérieures m'avaient fait sentir l'utilité de la connaissance des longueurs d'onde de ces raies, et dans la série de mes observations j'en trouvai heureusement un certain nombre qui purent me fournir les valeurs désirées avec l'exactitude nécessaire. Ces raies supplémentaires n'ont pas été distinguées à l'aide de nouveaux chiffres; le rang qui leur revient entre les raies anciennes a été indiqué par des signes appropriés joints aux chiffres de ces dernières. Je donnerai aussi tout à l'heure le moyen de reconnaître la place qu'elles doivent occuper sur la figure gravée du spectre qui accompagne le Fascicule 1er, en sorte que chacun puisse les y marquer facilement.

Je rappellerai que dans toutes mes mesures la lunette d'observation restait constamment, réserve faite des petites variations donnant lieu à des corrections, perpendiculaire à la face du réseau regardant de son côté. On faisait tourner ensemble le réseau et la lunette, de façon que celle-ci venait se placer à gauche de la position qu'elle occupait lorsqu'elle était dirigée sur la fente illuminée. Les différences de chemin qu'il s'agissait d'obtenir se produisaient ainsi uniquement dans la lu-

mière incidente, laquelle, par suite de la rotation de la lunette et du réseau, déviait de plus en plus de la direction normale, savoir du côté droit pour un observateur supposé placé dans l'axe du collimateur. D'après sa construction, le spectromètre de Meyerstein n'offre pas les facilités nécessaires, ni pour mesurer exactement des inclinaisons successivement variables de la lunette sur le réseau, ni pour faire usage de déviations à droite concurremment avec les déviations à gauche. C'est pour parer à ce dernier inconvénient qu'on faisait tourner le réseau de 180° dans son plan, c'est-à-dire qu'on observait, non-seulement dans les positions I et III, mais aussi dans les positions II et IV.

J'ai été conduit par les remarques de M. Ångström [1]) et de M. Mascart [2]) à tacher de me rendre un compte exact de l'influence que la température pouvait avoir, par suite de la dilatation du verre, sur mes longueurs d'onde calculées. Ayant trouvé que cette influence n'était pas entièrement négligeable, j'ai finalement, comme on pourra le voir dans la table générale, appliqué la correction correspondante, déterminée aussi bien que possible, aux résultats moyens; comme ces résultats sont basés sur les largeurs mesurées des réseaux B et C, c'est seulement de la dilatation de ces deux réseaux qu'il y avait à tenir compte.

23. Les trois tables suivantes donnent, respectivement pour les réseaux A, B et C, les résultats relatifs aux sinus, résultats qui doivent être multipliés par la distance de deux sillons consécutifs du réseau en millim. pour que les produits expriment, en dix-millionièmes de millimètre, les longueurs d'onde.

La première colonne de chaque table donne les signes des raies du spectre. Viennent ensuite les quatre tables partielles I, II, III et IV, consacrées aux quatre positions différentes du réseau; dans chacune de ces sous-divisions les chiffres arabes 1, 2, 3 etc., placés en tête des colonnes, indiquent l'ordre des spectres dans lesquels les déviations furent mesurées; les valeurs trouvées dans les spectres successifs pour le sinus de la déviation ont dû être divisées d'abord par ce numéro d'ordre du spectre avant d'être inscrites dans la colonne correspondante de la table. Dans la colonne étroite qui précède la colonne de chaque spectre est indiqué le nombre des observations d'où la valeur du sinus juxtaposée a été déduite comme moyenne. Pour une même position I, II, III ou IV, la lame a été réinstallée ordinairement plus d'une fois, opération dans laquelle il a pu, facilement, être apporté aussi quelque

---

[1]) Poggend. *Ann.*, l. c., pag. 492.

[2]) *Annales de l'École normale supérieure*, T. IV, pag. 15.

changement à la direction du collimateur et à celle de la lunette ainsi que dans le groupe du réseau qui occupait l'axe du cercle divisé. J'ai mentionné, pour chaque position et pour chaque réseau, les dates des mesures et le nombre de fois que le réseau a été réinstallé. La dernière colonne M de chacune des positions I, II, III et IV d'un même réseau donne les moyennes des résultats des colonnes antérieures; j'ai procédé ici un peu autrement que dans mon premier Mémoire: j'ai pris simplement, ce qui m'a paru plus systématique, la moyenne des résultats de tous les spectres, de sorte que chaque valeur du sinus inscrite dans cette colonne finale est la moyenne de tous les résultats partiels qui précèdent dans la même ligne horizontale. En tête, immédiatement au-dessous de la lettre M, on trouve répétée la température moyenne que, par observation et estimation, j'avais cru pouvoir attribuer à la lame, pour ces valeurs moyennes, dans mon premier travail. Pour réduire le nombre des chiffres dans les colonnes des spectres successifs, on n'a donné, selon l'usage reçu, que ceux dans lesquels les variations se manifestent, savoir les chiffres placés derrière la virgule; j'ai en même temps indiqué par mon signe habituel, si le chiffre des unités, qu'on trouve seulement dans la colonne M des moyennes, doit être augmenté ou diminué d'une unité; j'ai toutefois modifié l'application de ce signe: ₲, par exemple, continuera à être affecté au cas où le chiffre antérieur omis doit être *diminué* d'une unité; tandis que le même signe surmonté d'une virgule ₲̓, exprimera un changement, il est vrai, analogue, mais consistant cette fois en *l'addition* d'une unité au chiffre précédent retranché. La dernière colonne est la seule qui donne la valeur du sinus d'une manière complète, avec tous ses chiffres.

24. Chacune des trois tables est terminée par une colonne U qui donne la moyenne générale des quatre colonnes M précédentes. Pour le réseau A seulement, et par suite de motifs qui seront indiqués plus loin, la colonne U n'est la moyenne que des colonnes M relatives aux positions II, III et IV, à l'exclusion, par conséquent, de la colonne M appartenant à la position I.

Quelques raies, surtout parmi celles qui figurent ici comme additionnelles et qui sont faciles à distinguer dans la table par leurs signes, n'ont été observées relativement qu'un petit nombre de fois, et souvent même dans une seule position I, II, III ou IV du réseau. Or, j'admets d'abord comme très possible que, pour une même installation invariable du réseau et une situation supposée constante de la lunette, etc., tous les résultats soient affectés de l'une ou de l'autre erreur

constante; et, après avoir comparé et mûrement pesé mes résultats, je regarde aussi comme très probable que les résultats relatifs à deux raies très rapprochées et mesurées à peu d'intervalle l'une de l'autre, seront viciés de la même manière. Toujours d'après l'inspection de mes résultats, j'admets encore que mes réseaux n'échappent pas tout à fait au soupçon d'avoir une forme un peu prismatique, et j'ajoute de nouveau que deux raies voisines auront très vraisemblablement à souffrir dans la même mesure de cette cause constante de perturbation. En vertu de ces diverses considérations, je me suis cru autorisé, pour certaines raies qui ne reposent que sur un très petit nombre de déterminations, à corriger les résultats dans la colonne finale U, à l'aide de différences avec les résultats propres à des raies voisines et mieux déterminées, et à donner ainsi à cette colonne probablement plus d'homogénéité.

Les éclaircissements qu'on trouvera ci-dessous pour chaque réseau justifieront complétement ces corrections et plusieurs autres tout aussi arbitraires en apparence, et donneront d'ailleurs toutes les explications qui peuvent avoir quelque utilité.

Pour ne pas faire prendre aux tables trop d'extension en largeur, j'ai relégué à la fin, dans de petites tables accessoires, quelques observations empruntées, pour certaines raies, à des spectres qui n'ont pas été utilisés pour les autres raies. Je tenais à ne pas laisser se perdre ces observations, mais elles étaient trop isolées pour pouvoir être admises à participer au résultat final U, et elles n'avaient pas assez d'importance pour que je leur permisse de déparer mes tables principales ou d'en rendre la construction plus difficile.

25. Ces trois tables donnent maintenant une représentation très fidèle de mon travail. La Position I est celle dans laquelle, la face rayée étant tournée vers la lunette, le chiffre, 1801 par exemple, gravé sur la lame par le constructeur et indiquant le nombre des traits, est placé en haut. Pos. II, c'est la face rayée dirigée vers l'œil et le chiffre 1801 placé en bas; Pos. II se déduit donc de Pos. I en faisant tourner la lame de 180° dans son plan. Pos. III, c'est la face non rayée dirigée vers l'œil et le chiffre 1801 en bas. Pos. IV enfin, c'est la face non rayée vers l'œil et le chiffre en haut. Pos. III et IV ont entre elles la même relation que I et II, c'est-à-dire que l'une se déduit de l'autre à l'aide d'une rotation de 180° imprimée à la lame dans son plan. Si l'on suppose la lame prismatique et l'arête du prisme parallèle aux sillons, il est clair que pour I et III l'arête est située du même côté, soit à droite, soit à gauche.

Les chiffres qui indiquent dans chaque colonne le nombre des mesu-

res, effectuées dans un même spectre, sur lesquelles repose chaque résultat, ne comprennent pas seulement des déterminations faites à la suite de diverses réinstallations du réseau, mais aussi des déterminations simplement répétées pour une même disposition invariable de l'appareil; toutes ces déterminations ont été réunies en un seul ensemble.

26. A l'aide des données suivantes et d'une règle divisée, il sera facile de marquer sur la gravure du Fascicule I les raies additionnelles qui sont admises ici; le bord gauche d'une raie est son côté le moins réfrangible, le bord droit en est le côté le plus dévié.

(5) et (5)* sont la première raie plus réfrangible qui suit sur mon dessin la raie 7, à 7 mm. à droite de 5; elles forment une raie double dont (5) est la partie la plus distincte.

9* est une raie non indiquée sur le dessin, située à environ 0,4 mm. à gauche de la raie 9, et formant avec celle-ci un couple facile à voir.

10* et 11* sont des compagnes moins réfrangibles des raies 10 et 11; la distance 10* — 10 est beaucoup plus grande que 11* — 11.

(14) est la raie foncée qu'on voit sur le dessin à 10,5 mm. à droite de 14.

(16)α et (16)β sont les deux bords, le moins et le plus réfrangible, de la large bande qu'on remarque immédiatement à peu de distance au-delà de 15 et 16; quand on dilate le spectre, la bande se résout bientôt en plusieurs raies déliées.

18* est une compagne gauche très déliée du couple serré qui constitue 18, à une distance de 0,4 mm. 19* et 19** sont les compagnes gauche et droite de 19 indiquées par la figure; 19** a tout près d'elle encore une compagne bien reconnaissable, déliée et plus réfrangible, que j'ai nommée ailleurs 19***, mais qui, à l'échelle sur laquelle le dessin est construit, ne pouvait guère être marquée.

(19) est un faisceau facile à trouver, ayant beaucoup d'analogie avec 20 et situé à 3,8 mm. à droite de 19.

30β est le bord droit, ou le plus réfrangible, de la bande dont 30 forme la large raie-limite gauche.

(31) est la raie foncée, limite d'un faisceau, à 4 mm. environ à droite de 31.

(35) est la limite droite d'un faisceau, située sur la figure — qui lui assigne peut-être une réfrangibilité un peu trop grande — à 7,3 mm. à gauche de 35.

A gauche de la raie 37 on voit un large faisceau et, à une distance plus rapprochée, une raie distincte mieux isolée. Cette raie foncée, placée à 3 mm. à gauche de la raie 37, est marquée [36]; et le

bord gauche ou le moins réfrangible du faisceau, bord situé à 7,8^{mm} à gauche de 37, est indiqué par (36).

38α est la raie foncée la moins réfrangible du couple dont 38 représente à proprement parler le milieu, au lieu d'en constituer la raie la plus réfrangible, comme il est dit dans mon premier Mémoire.

40* est le bord gauche ou le moins réfrangible du faisceau dont fait partie la raie 40.

40** est l'autre raie foncée et plus réfrangible, qu'on distingue facilement dans ce même faisceau, à peu de distance du bord droit.

41β est la composante droite ou la plus réfrangible d'un couple serré dont la raie 41, appelée maintenant 41α, est la composante la moins réfrangible et la plus foncée.

Encore une observation : dans les spectres supérieurs il devient bientôt impraticable de mesurer 27α et 27β comme faisceau, c'est-à-dire de les mesurer conjointement comme 27β; le faisceau se disjoint et l'on est obligé de mesurer séparément les deux raies, dont 27γ est de beaucoup la plus foncée et la plus large. C'est donc ainsi que j'ai opéré pour les spectres d'ordre supérieur, aussitôt que la scission se prononçait, et pour 27β je prenais alors simplement la moyenne des deux résultats. Mais je suis très convaincu que, lorsque j'observais les deux raies à l'état d'union, comme 27β, je visais constamment plus près de 27γ que de 27α, à cause de la vigueur supérieure de la première. On verra plus loin que la valeur de λ pour 27γ tombe accidentellement plus près de celle qui revient à 27β que la valeur pour 27α. J'ai donc pris mon parti de cette erreur, qui ne sera certainement pas grande et qui, fortuitement, est éliminée en partie par la combinaison des observations. La circonstance à laquelle je viens de faire allusion ne peut d'ailleurs avoir eu pour effet que de rendre un peu trop petite la valeur de 27β; les valeurs de 27α et 27γ n'ont pu en être influencées et méritent toute notre confiance.

27. Relativement au réseau A j'ai à présenter les remarques suivantes. Ce réseau était tracé dans une couche d'argent précipitée sur le verre; il ne pouvait donc guère être question ici d'une variation du rapport entre la largeur de la partie transparente et celle de la partie opaque d'un même sillon, au moins pour autant que cette variation résulte, dans les réseaux ordinaires gravés sur verre, de l'inégalité de profondeur des raies; de ce côté il n'y avait donc rien à craindre pour la pureté du spectre. Ce réseau était le moins fin des trois, car il ne comptait que 1801 traits par neuf Lignes de Paris; de ce chef on doit donc s'attendre à trouver ici, surtout pour les spectres d'ordre infé-

rieur, de plus grandes erreurs et de plus grands écarts dans les résultats.

Les mesures relatives à Pos. I, de même que celles pour Pos. II, datent des premiers temps où j'entrepris ces expériences. Ce n'est que successivement que j'ai étendu mes mesures à un nombre de raies de plus en plus grand; il en résulte que pour Pos. I la série des raies observées est très défectueuse, vu que je ne l'ai pas complétée, comme pour Pos. II, par des observations postérieures.

Pour ce motif je me suis abstenu de faire concourir ici Pos. I au but que je me proposais spécialement; je n'en ai pas moins enregistré avec les autres les résultats qui s'y rapportent, afin de ne pas laisser une lacune dans le tableau.

Pour donner une idée de la marche des résultats obtenus pour une même raie, soit dans les spectres différents lorsque l'installation du réseau restait invariable, soit dans des spectres du même ordre observés après réinstallation, la table *A* fait connaître, pour un certain nombre de raies — avec suppression des entiers, lesquels toutefois se voient, sans décimales, dans la dernière colonne — les résultats isolés, qui se trouvent confondus dans les tables précédentes, au moins en ce qui concerne chaque spectre séparément. On voit, par exemple, en premier lieu, pour Pos. I sub *a*, des résultats qui, datant d'une phase où l'expérience acquise laissait encore à désirer, permettent de juger jusqu'à quel point l'omission de petites corrections ou des inadvertances légères peuvent influer sur l'accord des résultats. Pour montrer sur un exemple comment les résultats partiels sont entrés dans la table principale, qu'on prenne dans la petite table *a* la raie 14α dans le troisième spectre; on trouve 1[r] arrangement = 522,465, et 2[e] arrangement = 522,457, nombres dont la moyenne est 522,461; ce sont là les deux seules observations qui ont été faites sur cette raie, dans ce spectre, et pour la Position I du réseau; en conséquence, dans la table principale, Pos. I, sur la ligne horizontale de 14α, colonne 3, on trouve inscrit: 2 observations, avec le résultat 522,461.

Dans la petite table *b* on trouve de même les résultats obtenus, pour un certain nombre de raies, dans la position II du réseau A et pour trois installations différentes.

28. La colonne U de la table relative au réseau A donne lieu aux observations suivantes.

La différence $3\alpha - 3\beta$, d'après Pos. IV, est $= -0{,}149$; en la retranchant du résultat moyen pour 3α, savoir 636,617, on a 636,766. C'est cette dernière valeur qu'on a adoptée, comme la plus probable, pour 3β, et qu'on a inscrite dans la colonne U; elle s'y trouve marquée du

signe p, comme toutes les valeurs suivantes pour lesquelles le même procédé de réduction a été suivi.

5 — 6, d'après Pos. II, est $= 4{,}012$; par conséquent, dans la colonne finale U, raie 6 $= 581{,}423 - 4{,}012 = 577{,}411$.

$14\alpha - 14\beta$, d'après Pos. II, est dans le spectre 5 .. $= 0{,}138$ et dans le spectre 6 .. $= 0{,}028$; par conséquent en moyenne $= 0{,}083$.

$14\beta - 14\gamma$, d'après Pos. II, est dans le spectre 5 .. $= 0{,}379$ et dans le spectre 6 .. $= 0{,}512$; par conséquent en moyenne $= 0{,}446$.

Il résulte de là : $14\beta = 522{,}347 - 0{,}083 = 522{,}264$

et $14\beta = 521{,}805 + 0{,}446 = 522{,}251$

par conséquent en moyenne. . . . 522,257, comme il est marqué dans la table.

14β — (14), d'après Pos. II, est $= 15{,}783$; donc, dans la colonne U, (14) $= 521{,}805 - 15{,}783 = 506{,}022$.

15 — 16, d'après Pos. II, est $= 0{,}799$; d'où, dans la colonne U, 15 $= 497{,}548 + 0{,}799 = 498{,}347$.

18* — 18, d'après Pos. II, spectre 5, est $= 0{,}428$; d'où, dans la colonne U, 18* $= 485{,}036 + 0{,}428 = 485{,}464$.

Pour 22β j'ai utilisé aussi les observations relatives à Pos. I, lesquelles étaient les plus nombreuses; voici comment on a opéré : Pos. I donne $22\alpha - 22\beta = 0{,}325$; Pos. II donne $22\alpha - 22\beta = 0{,}257$; d'où moyenne $= 0{,}291$, et par suite, dans la colonne U, $22\beta = 466{,}870 - 0{,}291 = 466{,}579$.

Pos. II, spectre 5, donne $27\alpha - 27\beta = 0{,}182$ et $27\beta - 27\gamma = -0{,}032$

Pos. IV, spectre 6, donne $27\alpha - 27\beta = 0{,}109$ et $27\beta - 27\gamma = 0{,}109$

moyenne $= 0{,}145$ moyenne $= 0{,}038$;

d'après cela, dans la colonne U, $27\alpha = 457{,}896 + 0{,}145 = 458{,}041$

et $27\gamma = 457{,}896 - 0{,}038 = 457{,}858$

34 — (35), d'après Pos. II, $= 10{,}537$; par conséquent, dans la colonne U, (35) $= 430{,}782 - 10{,}537 = 420{,}245$.

36β — (36), d'après Pos. IV, $= 8{,}410$; par suite, dans la colonne U, (36) $= 401{,}690 - 8{,}410 = 393{,}280$.

36β — [36], d'après Pos. IV, $= 11{,}205$; par suite, dans la colonne U, [36] $= 401{,}690 - 11{,}205 = 390{,}485$.

37 — 38 est, d'après Pos. III, $= 3{,}876$

et d'après Pos. IV, $= 3{,}709$

moyenne . . . $= 3{,}793$;

d'après cela, dans la colonne U, 37 $= 384{,}596 + 3{,}793 = 388{,}389$.

D'après Pos. IV, 46 — 47 est $= 2{,}211$, 46 — 48 $= 3{,}375$ et 46 — 49 $= 4{,}975$; c'est à l'aide de ces différences qu'ont été obtenues les

III.	
4.	5.

27 Septembre 1865, pren
arrangement.

valeurs corrigées inscrites pour 47, 48 et 49 dans la colonne finale U.

29. Pour donner une idée de l'accord entre quelques mesures prises, pour une même raie, avec le réseau B, la petite table *c*, qu'on trouve sur la table *A*, donne relativement à cinq raies, et pour la Pos. I, les résultats obtenus pour trois installations différentes. La colonne U est, pour ce réseau, la moyenne des quatre positions, pour autant que les raies ont été mesurées dans chacune de ces quatre positions. Lorsque les mesures relatives à une ou deux positions faisaient défaut, je me suis presque toujours contenté, dans la colonne finale, de la moyenne des trois ou des deux mesures dont je disposais; pour le réseau A également, je n'ai pas laissé de prendre la moyenne, même quand je n'avais que deux positions à combiner. A moins de motifs contraires sérieux, cette manière d'opérer me semblait permise, car il restait toujours la chance de voir les erreurs qui en résultaient disparaître, par la combinaison des résultats propres aux trois réseaux, dans les valeurs définitives assignées aux valeurs d'onde.

Les observations que j'ai à faire concernant la colonne U, pour le réseau B, se réduisent aux suivantes:

$8\alpha - 8\beta$, Pos. I, $= 0{,}049$; $9^* - 9$, Pos. I, $= 1{,}164$;
$10^* - 10$, Pos. II, $= 0{,}865$; $11^* - 11$, Pos. II, $= 0{,}638$;
$(14) - 15$, Pos. II, $= 11{,}716$; $31 - (31)$, Pos. II, $= 4{,}926$;
$36\alpha - 36\beta$, Pos. I, spectre 1, $= 0{,}334$ et $36\beta - 36\gamma = 0{,}775$;
$(36) - 37$, Pos. II, $= 6{,}954$ et $[36] - 37 = 2{,}771$;
$38\alpha - 38$, Pos. II, spectre 2, $= 0{,}057$.
$40^* - 40$, Pos. II, $= 0{,}825$ et $40 - 40^{**} = 1{,}256$;
$41\alpha - 41\beta$, Pos. II, spectre 3, $= 0{,}093$.

Ce sont les éléments de la correction qu'on a fait subir à

8^α, 9^*, 10^*, 11^*, (14), (31), 36α, 36γ, (36), [36], 38α, 40^*, 40^{**} et 41β, avant de les porter dans la colonne U.

30. Les mesures relatives aux quatre positions du réseau C ont été traitées comme celles du réseau B : j'ai inscrit dans la colonne U la moyenne des résultats finals des quatre positions, et lorsque les résultats me manquaient pour une ou deux positions, j'ai usé de la même liberté qu'en opérant sur le réseau B, et cela par les mêmes motifs.

La petite table *d*, qui figure sur la table *A*, fait connaître, pour quelques raies et pour la Pos. IV, les résultats particuliers obtenus après deux installations différentes. Pour 14γ dans le troisième spectre on trouve plusieurs valeurs, avec l'indication correspondante de l'heure et de la température du local d'observation. A cette époque je cherchais encore s'il ne serait pas possible de découvrir la trace d'une influence

exercée par la température ou par quelque autre cause liée au temps; mais il est certain que si une influence de ce genre a agi dans mes expériences, son effet est totalement masqué par les erreurs des observations. D'un autre côté ces mesures répétées devaient servir à m'apprendre quel degré d'accord j'avais à espérer de résultats obtenus le même jour, dans les mêmes circonstances et avec le même spectre.

Au sujet du signe p il n'y a ici que peu de détails à donner.

9 — 11, Pos. IV, = 12,168; 10* — 11, Pos. II, = 7,176;

16 — 17, Pos. I, = 19,025; 19 — 22α, Pos. I, = 41,393;

40 — 41α, Pos. III, = 8,239; 46 — 50, Pos. III, = 14,630.

Telles sont les corrections faites à 9, 10*, 17, 19, 41α et 50 pour les rendre propres à figurer dans la colonne U.

31. La largeur des réseaux est la suivante [1]:

Réseau A . . . . = 20mm.,3374, avec 1801 raies
Réseau B . . . = 13mm.,55108, " 1801 "
Réseau C . . . = 13mm.,55315, " 3001 "

Le premier et le deuxième réseau ont donc 1800 sillons et le troisième 3000, quand on entend par le mot sillon la fente transparente avec la raie opaque voisine, c'est-à-dire ce que nous avons nommé plus haut. $(b + c)$.

D'après cela on trouve pour la largeur d'un sillon :

Pour le réseau A . . . $b + c =$ 0mm.,0112985 dont le log. = 1,053022
" " " B . . . $b + c =$ 0mm.,00752837 " " " = 0,876701
" " " C . . . $b + c =$ 0mm.,00451772 " " " = 0,654919

Les caractéristiques de ces logarithmes sont choisies de telle sorte que ceux-ci, combinés avec les valeurs du sinus de la déviation pour les raies successives, donnent les longueurs d'onde λ en dix-millioniêmes de millimètre.

On a donc multiplié successivement par les valeurs qui viennent d'être assignées à la largeur des sillons les nombres des trois colonnes U des tables précédentes; les résultats de ce calcul sont réunis dans les colonnes A, B et C de la table *B*.

Je ne voulais pas exposer la pellicule d'argent de mon réseau A à être endommagée, et d'un autre côté je ne connais encore aucun moyen simple et exact de déterminer la largeur des réseaux autre que celui dont j'ai fait usage dans mon premier Mémoire. J'ai donc renoncé à la mesure directe pour le réseau A, et, pour pouvoir utiliser néanmoins les résultats obtenus avec ce réseau, j'ai pris le parti de déterminer la largeur indirectement, à l'aide des résultats trouvés pour les deux autres réseaux.

---

[1]) *Archives*, T. I, pag. 29; voir aussi les données corrigées, pag. 63.

A cet effet, des résultats donnés par le réseau A j'ai déduit les valeurs moyennes des longueurs d'onde, inscrites dans la colonne A, pour toutes les raies; pour quelques-unes des raies les mieux déterminées j'ai comparé ces longueurs avec celles qui se déduisaient, comme résultats moyens, des réseaux B et C. J'ai obtenu ainsi un rapport moyen, suivant lequel chaque longueur d'onde provenant du réseau A devait être diminuée pour être réduite à la valeur moyenne de B et C. J'arrivais donc, par cette voie détournée, à inférer la largeur de A de celles de B et C; comme déterminations directes, les résultats donnés par A perdent de cette manière leur valeur absolue; mais les résultats qui appartiennent aux raies choisies comme termes de comparaison reposent sur un très grand nombre de déterminations, et, par suite, les longueurs d'onde des autres raies, déduites de A au moyen de cet artifice, peuvent être regardées comme possédant, en ce qui concerne la largeur calculée du réseau, une base passablement exacte.

Il est possible toutefois que, par l'effet de la forme prismatique ou lenticulaire du verre qui sert de substratum au réseau, les résultats obtenus pour les sinus dans les quatre positions du réseau A, par exemple, ne soient pas précisément les mêmes. Cela est indifférent pour le résultat final lorsque la raie a été observée dans les quatre positions; mais quand une raie a été mesurée dans trois positions, et une autre dans quatre, par exemple, les valeurs moyennes pour ces deux raies ne sont plus comparables, à moins qu'on ne néglige pour la seconde raie le résultat de la quatrième position. La table pour le réseau A montre que le nombre des raies observées dans la position I est relativement très petit; j'ai donc résolu de laisser ici entièrement de côté les observations relatives à cette position I. Ce que nous demandons au réseau A, en effet, ce ne sont pas des déterminations absolues, mais seulement des valeurs relatives, comparables entre elles, pour les sinus des différentes raies; or, comme telles, les moyennes des trois positions qui nous restent sont aussi bonnes que celles qui reposeraient sur les quatre positions. Comme d'ailleurs il ne fallait pas pousser le scrupule trop loin, lorsque, de loin en loin, pour une certaine raie, l'observation dans une des trois positions conservées me faisait défaut, je ne me suis pas laissé arrêter par cette circonstance; néanmoins, en pareil cas, j'ai toujours agi avec réflexion et discernement, ainsi qu'il résulte, entre autres, des observations communiquées ci-dessus par rapport aux signes *p* de la colonne U.

32. La colonne A[1] de la table *B* a donc été déduite de la colonne A

au moyen du rapport $\frac{A}{\frac{1}{2}(B+C)}$ dont il a été question. Les longueurs d'onde absolues seraient données maintenant en premier lieu, dans la supposition que mes déterminations de la largeur des réseaux soient exactes, par la moyenne des colonnes B et C, c'est-à-dire par $\frac{1}{2}(B+C)$. et ensuite, plus exactement encore, par la moyenne des colonnes A', B et C, c'est-à-dire par $\frac{1}{3}(A'+B+C)$. Mais ici une nouvelle difficulté se présente : les valeurs de la colonne B sont régulièrement un peu plus faibles et celles de la colonne C un peu plus fortes que $\frac{1}{2}(B+C)$, et, pour un certain nombre de points, une vingtaine environ, on trouve bien des résultats en B, mais non en C. J'ai donc, pour les mêmes raies pour lesquelles j'avais calculé le rapport $\frac{A}{\frac{1}{2}(B+C)}$, déterminé encore le rapport $\frac{C}{\frac{1}{2}(B+C)}$, et, tandis que je diminuais les valeurs A dans la raison $\frac{A}{\frac{1}{2}(B+C)}$, je diminuai dans la raison $\frac{B}{\frac{1}{2}(B+C)}$, ou, ce qui revient au même, augmentai dans la raison $\frac{C}{\frac{1}{2}(B+C)}$, les valeurs de la colonne B qui correspondaient aux raies faisant défaut dans la colonne C. Les résultats de cette réduction, limitée aux raies pour lesquelles elle était nécessaire, se trouvent dans la colonne B'. La colonne finale M donne maintenant les valeurs $\frac{1}{3}(A'+B+C)$ ou $\frac{1}{2}(B+C)$ ou $\frac{1}{2}(A'+B')$, suivant la nature des éléments dont on disposait dans chaque cas. (A, A', B, B' et C servent ici uniquement à indiquer, pour une raie donnée, les valeurs tirées des colonnes que ces lettres désignent). Ce n'est que pour les points 11*, 38α et 41β, marqués du signe p, que j'ai dû faire une exception, au moins si je voulais conserver sa valeur primitive à la différence entre ces points et ceux qu'ils accompagnent. Pour ces points j'ai tiré de la colonne B les différences 11* -- 11, 38α -- 38 et 41α — 41β, et c'est à l'aide de ces différences que j'ai constitué les nombres à inscrire dans la colonne M.

33. Voici les valeurs des rapports qui ont servi aux réductions :

	$\frac{A}{\frac{1}{2}(B+C)}$	$\frac{C}{\frac{1}{2}(B+C)}$
4α	1,0004907	1,0000930
5	5419	395
14α	5465	465
22α	5233	442
26	6727	488
34	6932	744
40	7651	139
46	6091	0,9999280
51α	8366	1,0002000
somme	9,0056791	9,0004883
moyenne	1,0006310	1,0000543
logarithme	0,000274	0,000023

Le premier de ces logarithmes doit être retranché des logarithmes des résultats de la colonne A pour obtenir ceux de la colonne A', et le second doit être ajouté aux logarithmes des nombres de B pour obtenir ceux de la colonne B'.

On remarquera que dans la première colonne du tableau précédent les résultats croissent d'une manière évidente depuis 4α jusqu'à 51α, tandis que dans la seconde colonne, où les parties décimales des rapports ont des valeurs dix fois moindres, les erreurs inévitables des observations, surtout aux extrémités du spectre, recouvrent et dissimulent toute régularité qui pourrait exister dans la marche des résultats.

34. L'étalon qui, jusqu'à présent, sert de base unique à toutes mes mesures, est la lame de verre de Froment : d'après les indications de M. Dumoulin, cette lame [1]) mesure exactement 3 centimètres à la température de 15° C.; elle est divisée en millimètres. La température qui règne au moment de la comparaison peut être regardée comme indifférente dans le cas où il s'agit de comparer à cet étalon construit sur verre une distance marquée également sur verre, vu que le coefficient de dilatation de l'une des glaces ne différera que très peu de celui de l'autre. Or ce cas est précisément celui qui se présentait pour mes réseaux. Mais la température à laquelle les réseaux ont été employés pour déterminer les longueurs d'onde n'est plus indifférente, car la distance des traits augmente par la dilatation. La température moyenne de la colonne U est 24°,0 C. pour le réseau B et 23°,7 C. pour le

[1]) *Archives*, pag. 29.

réseau C; les résultats de la colonne M de la table *B* se rapportent donc à la température de 23°,85. Il ne faudrait pas trop compter sur l'exactitude des températures indiquées, quand ce ne serait que parce qu'elles représentent l'état thermométrique du local où se faisaient les observations, et non l'état indéterminable de la lame, laquelle, restant continuellement exposée à la lumière solaire projetée par le collimateur, était sujette à s'échauffer, et même à s'échauffer inégalement dans les différentes parties de sa surface. Quoi qu'il en soit, l'influence de la température est renfermée entre d'étroites limites, et mes données thermométriques me fournissent en tout cas le moyen de calculer une correction approximative, ne fût-ce qu'à titre d'exemple.

Le distance des traits sur les lames sont ainsi déterminées d'une manière exacte pour 15° C; je prends le coefficient de dilatation du verre $= 0{,}0000088$; on a alors pour la distance de deux traits :

$$\text{dist. à } 23^\circ{,}85 \text{ C : dist. à } 15^\circ \text{ C} = \frac{1 + 23{,}85(0{,}0000088)}{1 + 15(0{,}0000088)} = \frac{1{,}000021l}{1{,}000013\dots}$$

C'est dans ce rapport que doivent être augmentés tous les résultats de la colonne M si l'on veut introduire la correction pour la température. Le logarithme du rapport est 0,000005; cette quantité a été ajoutée aux logarithmes de tous les nombres de M, et ainsi a été obtenue la colonne définitive M.λ. On voit que la correction ne s'élève en moyenne qu'à 6 unités de la seconde décimale, c'est-à-dire à $\frac{1}{170000000}$ de millimètre ou un cent-millième de la valeur totale; grandeur beaucoup plus petite que les erreurs d'observation dont les résultats demeurent probablement affectés.

35. La colonne M.λ renferme donc le résultat définitif de mon travail, celui auquel je dois me tenir pour le moment. Tous les nombres n'éprouveraient qu'une modification proportionnelle, si je parvenais à comparer ma lame divisée de Dumoulin-Froment avec quelque autre étalon, ce que je ne suis pas encore en mesure de faire. Ils pourraient aussi subir un changement plus profond, en ce qu'ils les atteindrait inégalement, si je trouvais tôt ou tard le moyen de déterminer directement la largeur du réseau A. Même alors pourtant, il y aurait à se demander s'il ne serait pas préférable d'entreprendre avec les trois réseaux de nouvelles séries systématiques d'observations, en cherchant à pousser l'exactitude encore plus loin et en déterminant, si c'est possible, la température de la lame. Peut-être même, le temps serait-il encore mieux employé en choisissant pour la détermination des longueurs d'onde une voie tout à fait différente, dégagée des causes d'inexactitude qui sont

ıséparables de la détermination par les réseaux et qui résident princi-alement dans les variations des distances des fentes.

On a conservé deux décimales dans la colonne finale; je concède olontiers que la seconde aurait pu être retranchée sans le moindre in-onvénient; je l'ai laissée pour la commodité, comptant que personne ne 'en scandaliserait.

Résumé de tous les résultats obtenus par d'autres observateurs; comparaison de ces résultats avec les miens; critique.

36. Les valeurs définitives de λ qui figurent dans la colonne M sont des valeurs absolues, dont l'exactitude dépend, en dernière instance, de la justesse de la lame divisée de Dumoulin-Froment. Cette solidarité ne s'étend pas, toutefois, jusqu'aux sous-divisions de l'étalon, sous-divisions dont la méthode de comparaison décrite dans mon Mémoire fondamental me rendait complétement indépendant. L'exactitude des valeurs de λ suppose uniquement que la longueur totale de l'étalon est rigoureusement égale à trois centimètres, et ce n'est qu'en ce sens qu'une comparaison ultérieure avec une autre mesure type pourra altérer, dans un rapport constant, toutes ces valeurs de λ.

Lorsqu'on a sous les yeux un dessin bien fait du spectre solaire, et qu'on est en état de se représenter clairement le spectre avec ses détails, il n'est pas difficile de découvrir parmi les raies de différents observateurs celles qui sont identiques; l'indication des longueurs d'onde fournit d'ailleurs pour cela un secours efficace.

A côté de mes résultats je place en premier lieu, dans la colonne D de la table *B*, les derniers résultats de M. Ditscheiner [1]); ce sont ceux que l'auteur a donnés après avoir contrôlé la largeur de son réseau au moyen du comparateur du Prof. Stampfer, que possède l'Institut polytechnique I. R., et après avoir opéré en conséquence la réduction de ses résultats antérieurs [2]). Les nombres de M. Ditscheiner sont donc des valeurs absolues, tout comme les miens [3]).

---

[1]) *Eine absolute Bestimmung der Wellenlängen der Fraunhofer'schen D. Linien*, dans les *Berichte der Wiener Academie*, T. LII, 2e part., pag. 289. — 1866.

[2]) *Wiener Berichte*, T. L, 2e part.

[3]) Pour la raie 5 je me suis permis de faire une correction, fondée, je pense, en inscrivant le nombre 6571,6 au lieu de 6571,1 que l'on trouve dans la liste de M. Ditscheiner.

La colonne E donne ensuite les résultats de M. ÅNGSTRÖM [1]). Ce savant a expérimenté, comme moi, avec un réseau de NOBERT, et s'est servi, pour la réduction de ses observations, de la largeur assignée au réseau par le constructeur. Cette largeur avait été déterminée par M. NOBERT en lignes de Paris, par la comparaison avec un étalon de BAUMANN, de Berlin, lequel étalon était une copie de celui que le même artiste avait construit pour BESSEL. Les longueurs d'onde λ sont donc exprimées aussi en parties du pouce de Paris par M. ÅNGSTRÖM. Je les ai réduites en fraction du millimètre en les multipliant par 2,70698, nombre dont le logarithme est 0,432485, de sorte que les valeurs portées à la colonne E ont pour unité, comme les autres, la dix-millionième partie du millimètre.

Le réseau de M. ÅNGSTRÖM est donc du même artiste que celui dont j'ai fait usage; ses résultats sont des valeurs absolues comme ceux de M. DITSCHEINER et les miens. Le réseau de M. DITSCHEINER provenait de FRAUNHOFER lui-même.

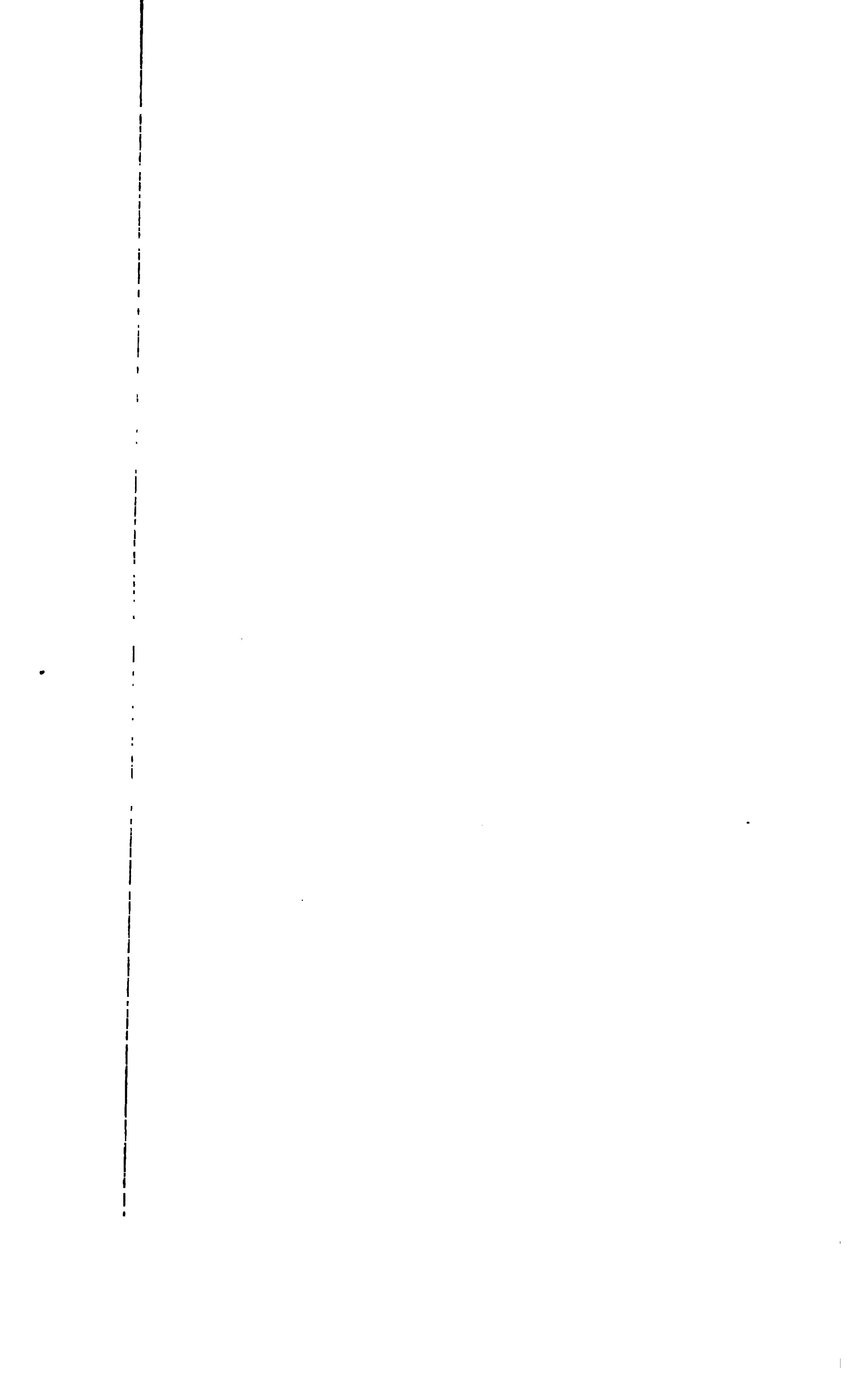
Il n'existe pas, que je sache, d'autres séries d'observations étendues à un nombre aussi grand de raies du spectre.

37. Le réseau de M. ÅNGSTRÖM comptait 4500 sillons sur 9,0155 lignes de Paris, celui de M. DITSCHEINER, 2996 sillons sur 13,8765 millimètres. En ce qui me concerne — et il est probable que M. ÅNGSTRÖM a fait de même — je m'en suis rapporté, pour le nombre des sillons, aux indications de M. NOBERT. Quant à M. DITSCHEINER, il a dû s'imposer la tâche pénible de les compter lui-même, et il déclare que cette opération ne s'est exécutée qu'avec mainte difficulté. Le réseau de M. DITSCHEINER, comme il résulte des nombres ci-dessus, avait à peu près la même largeur que mes réseaux B et C, savoir, un demi-pouce de Paris; la largeur du réseau de M. ÅNGSTRÖM est égale à celle de mon réseau A, c'est-à-dire à 9,0155 lignes. Sous le rapport de la finesse, ou de la largeur des sillons, les réseaux de ces deux savants s'accordent avec le plus fin de mes réseaux, avec le réseau C.

La recherche des *différences* entre les résultats des trois observateurs pourrait faire connaître si l'un de nous trois a commis quelque erreur constante; déjà a priori cela n'est pas très probable, et un examen rapide ne m'a fait découvrir, en effet, aucune erreur de ce genre; je ne me suis donc pas arrêté davantage à ce point.

Le moyen le plus sûr pour apprécier les mesures de différents observateurs consiste ici à prendre le *rapport* entre leurs résultats, et à voir jusqu'à quel point ce rapport demeure constant d'une extrémité du

[1]) POGGENDORFF's *Annalen*, T. CXXIII, p. 489. — 1864.



spectre à l'autre. La table *B* donne, en conséquence, dans les trois colonnes $\frac{M}{D}$, $\frac{M}{E}$ et $\frac{D}{E}$ le rapport de VAN DER WILLIGEN à DITSCHEINER, de VAN DER WILLIGEN à ÅNGSTRÖM, et de DITSCHEINER à ÅNGSTRÖM.

Pour rendre les comparaisons et les vérifications faciles au lecteur, la première colonne de la table, consacrée aux signes des raies, donne d'abord, en *m*, mes propres signes, puis, en *d*, les signes de M. DITSCHEINER lesquels sont ceux de l'échelle de M. KIRCHHOFF, pour la partie du spectre alors déjà publiée par ce savant. Dans le travail de M. ÅNGSTRÖM, les raies dont il a fait usage n'ont pas reçu toutes un signe spécial; pour remédier à cette lacune, je leur ai simplement appliqué, comme numéros d'ordre, les chiffres romains, en employant, pour certaines raies qu'on distinguera aisément, et dans le seul but de rappeler qu'elles appartiennent à un même couple, des signes tels que XXVIα et XXVIβ, par exemple pour mes raies 20, 22α, 27 etc. Ce sont ces chiffres romains que l'on voit dans la troisième partie de la première colonne, sub *e;* on leur a adjoint, par surcroît, les signes que l'on trouve près de quelques raies dans la liste de M. ÅNGSTRÖM.

Relativement à cette liste de M. ÅNGSTRÖM je me suis permis quelques corrections pour ce que je regarde comme des fautes d'impression.

Au lieu de 2321,2 de la liste, j'ai lu 2312,2
" " " 1936,4 " " " " " 1932,4
" " " 1480,4 " " " " " 1490,4

Ce sont là les seuls changements que j'ai apportés à cette liste. Dans les *Annales* de POGGENDORFF mêmes, je n'ai trouvé aucune mention d'erreurs à corriger dans la liste de M. ÅNGSTRÖM.

38. Au moyen des rapports dont il vient d'être question, nous sommes maintenant en état de porter un jugement sur l'exactitude relative des observations. Comme étalon de ces rapports nous prendrons la moyenne des valeurs qu'ils ont pour 14α et 14γ; on trouve ainsi: $\frac{M}{D} = 0{,}99884$, $\frac{M}{E} = 0{,}99966$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00080$.

Ce qui ressort tout d'abord de ces nombres, c'est le grand accord qui se manifeste entre M et E; et cela, en dépit de ce que M. ÅNGSTRÖM et moi sommes partis de mesures normales totalement différentes, M. ÅNGSTRÖM du pouce de Paris de BAUMANN de Berlin, moi du centimètre de DUMOULIN-FROMENT de Paris. Si l'on considère, dans la colonne A, les résultats de mes mesures avec le réseau A, avant leur

réduction, on remarque que ces résultats, qui reposent, comme ceux de M. ÅNGSTRÖM, sur le pouce de Paris de NOBERT, surpassent un peu les nombres de M. ÅNGSTRÖM donnés dans la colonne E; pour 14α et 14γ, par exemple, la différence entre E et A est de 1,3, et, bien qu'elle ne soit pas inférieure de beaucoup à la différence entre E et M, c'est-à-dire entre les résultats de M. ÅNGSTRÖM et ceux de mes réseaux B et C, laquelle s'élève à 2,0, elle constitue pourtant un rapprochement assez marqué pour que nous puissions la regarder comme représentant à peu près la grandeur des écarts qui peuvent encore subsister avec des copies d'un même étalon et des comparaisons exactes. J'en conclus que, lorsque les étalons sont les mêmes, et les comparaisons bien faites, ce qu'on peut certainement attendre de M. NOBERT, il peut exister une différence de 1,5 dix-millionièmes de millimètre entre les résultats obtenus pour les longueurs d'onde. En second lieu, je suis disposé à inférer de la comparaison de M et E que, pour de bons étalons de provenance différente, l'erreur en question ne dépassera guère 2,0 dix-millionièmes de millimètre, ou mieux $\frac{34}{100000} = \frac{1}{3000}$ de la valeur.

A côté de $\frac{M}{E}$, nous trouvons les rapports $\frac{M}{D}$ et $\frac{D}{E}$, qui s'éloignent beaucoup plus de l'unité; pour 14α et 14γ la différence entre M et D monte jusqu'à 6,7 dix-millionièmes de millimètre, ou $\frac{116}{100000} = \frac{1}{900}$ de la valeur. Mais, quand je réfléchis que M. DITSCHEINER à dû compter lui-même, à diverses reprises, avec les plus grandes peines, le nombre des traits de son réseau, opération dont je connais, pour l'avoir essayée moi-même, l'extrême difficulté, — et quand je considère le peu de vraisemblance du nombre 2997 auquel il parvient, je me demande s'il n'a pas pu se tromper de 2 ou 3 traits, de 3 de préférence, ce qui ramènerait son réseau à 3000 traits ou 2999 fentes. S'il était permis d'adopter cette conjecture, les résultats de M. DITSCHEINER devraient être tous diminués de $\frac{3}{3000}$ ou $\frac{1}{1000}$, et alors ils se rapprocheraient beaucoup plus de ceux des colonnes M et E.

L'erreur que je suppose n'ôterait, du reste, rien de leur mérite intrinsèque aux observations de M. DITSCHEINER. Seulement, la valeur absolue des longueurs d'onde reste, par de semblables écarts entre les divers observateurs, entachée d'une incertitude de 2 à 3 dix-millionièmes de millimètre. Or, c'est à obtenir des valeurs absolues que nous

devons nous attacher. Il ne suffit plus de nous reposer sur la détermination de FRAUNHOFER, et de dire: la longueur d'onde de 14γ sera bien 5888 dix-millionièmes de millimètre, sans même savoir au juste si c'est 14γ ou la moyenne de 14α et 14γ que l'on veut identifier avec 5888. De pareils accommodements ne conviennent plus à la physique de nos jours.

39. Voyons maintenant comment se comportent les rapports 0,99884, 0,99966 et 1,00080, et jusqu'à quel point ils demeurent constants à travers toute l'étendue du spectre. Pour les autres raies, nous ne devons presque jamais nous attendre à trouver entre les rapports un accord aussi intime que celui dont les raies 14α et 14γ nous ont donné l'exemple; il ne se présente que très rarement des raies aussi favorables pour l'observation et qui ont été mesurées aussi fréquemment par les trois observateurs.

Prenant la moyenne des quatre premiers rapports de la colonne $\frac{M}{D}$, ceux qui appartiennent à 4α, 5, 6 et 7, on trouve 0,99898; les valeurs de M sont donc un peu plus grandes relativement à celles de D. Prenant de même la moyenne des quatre premiers rapports de la colonne $\frac{M}{E}$, ceux qui correspondent à 1β, 4β, 5 et 8α, on obtient 0,99960; les valeurs de M paraissent donc être devenues un peu plus petites par rapport à celles de E, mais le changement est ici plus faible que celui éprouvé par M relativement à D. La colonne $\frac{D}{E}$ ne renferme pas assez de points dans cette région; les valeurs de D et E n'y donnent qu'une seule fois l'occasion d'établir une comparaison, et le rapport qui en est le résultat, 1,00057, est au-dessous de la valeur normale.

Suit alors la série de raies depuis 9 jusqu'à 13 inclusivement; les moyennes sont $\frac{M}{D} = 0{,}99884$, $\frac{M}{E} = 1{,}00025$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00041$. La première colonne donne précisément la valeur normale, mais les moyennes des deux autres colonnes excèdent les valeurs normales respectivement de 0,00059 et 0,00061. M. DITSCHEINER a fait (*l. c.*, pag. 295) la remarque de cet écart entre ses résultats et ceux de M. ÅNGSTRÖM; il ne reste guère de doute que ces résultats de M. ÅNGSTRÖM ne soient trop faibles de $\frac{6}{10000} = \frac{1}{1700}$ de leur valeur. La raison qui peut ainsi rendre fautive toute une série de raies gît probablement dans la méthode suivie par M. ÅNGSTRÖM (*l. c.* POGG. *Ann.* pag. 498); l'ob-

servateur mesurait directement, au moyen des divisions du cercle, les déviations des raies les plus distinctes, à des distances de 10′ à 20′; et il déterminait les raies intermédiaires à l'aide d'un oculaire micrométrique; il est clair que si la déviation de la raie fondamentale, mesurée directement, est affectée d'une erreur, la position de toutes les raies ainsi rapportées à la première doit être entachée de la même erreur.

40. Passons au groupe de raies (14) à 17; la valeur moyenne de $\frac{M}{D} = 0{,}99896$, celle de $\frac{M}{E} = 0{,}99973$ et celle de $\frac{D}{E} = 1{,}00080$; $\frac{M}{D}$ est de 0,00012 et $\frac{M}{E}$ de 0,00007 au-dessus de l'état normal. Mes résultats se sont donc élevés, à la fois par rapport à ceux de M. Ditscheiner et à ceux de M. Ångström, tandis que ceux de ces derniers ont conservé la même relation mutuelle.

Les raies 18 à 22α donnent comme moyennes: $\frac{M}{D} = 0{,}99890$, $\frac{M}{E} = 0{,}99973$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00083$. M se retrouve donc à peu près dans la relation normale avec D, mais conserve par rapport à E le même excès que dans le groupe précédent, tandis que D s'est légèrement élevé relativement à E. Je dois faire observer, à ce sujet, que pour la raie 18, qui est une raie double, nous devons regarder naturellement le résultat de M. Ditscheiner comme se rapportant à la composante la plus foncée et la moins réfrangible du couple, et que pour ma mesure, quoique effectuée sur la raie indécomposée, j'ai admis qu'elle se rapporte également, et d'elle-même, à cette composante la plus foncée. Ailleurs encore, par exemple pour 20, 21, 28 etc., je me suis permis de semblables assimilations, qui ont pu influer sur la valeur du rapport. Ici, pour 18, il peut fort bien en être résulté la valeur trop petite 0,99860.

Dans le groupe 23 à 27α les moyennes prennent les valeurs suivantes : $\frac{M}{D} = 0{,}99893$, $\frac{M}{E} = 0{,}99966$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00072$. Il y a donc eu ascension des résultats de M par rapport à ceux de D; ces résultats de M occupent le niveau normal relativement à ceux de E; enfin les résultats de D ont subi une dépression comparativement à ceux de E. Cela revient à dire que D est ici trop bas, aussi bien par rapport à M que par rapport à E.

Examinant ensuite la série 28 à 34, on trouve pour les moyennes: $\frac{M}{D} = 0{,}99900$, $\frac{M}{E} = 0{,}99974$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00073$; M prend donc par

rapport à D une position notablement plus élevée que dans l'état normal; il est aussi trop élevé par rapport à E, quoique dans une mesure beaucoup moindre; D est plus rapproché de E que dans les conditions normales, et la quantité dont il reste relativement trop bas est la même que dans le groupe précédent.

La série (35) à (36) donne $\frac{M}{D} = 0{,}99931$, chiffre beaucoup plus fort que 0,99884; mais aussi, à l'exception de 35, ce sont tous points mal déterminés ou peu nets; E ne fournit pas ici de terme correspondant.

Le groupe [36] à 41α donne: $\frac{M}{D} = 0{,}99891$, $\frac{M}{E} = 0{,}99995$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00101$. M s'est élevé, au-dessus de l'état normal, de 0,00007 par rapport à D et de 0,00029 par rapport à E; D s'est élevé de 0,00021 par rapport à E. M et D ne s'éloignent donc pas beaucoup de leur relation normale, mais E se montre notablement abaissé par rapport à M et à D. Il paraît d'après cela que l'accord qui se manifeste entre la marche de M et celle de D est ici à l'avantage de ces deux observateurs. La cause principale de ce résultat réside probablement dans l'indétermination de la raie G, qui fait partie d'un faisceau dont j'ai déjà parlé dans une occasion précédente [1]). M. Ångström paraît avoir pris pour G un autre point que M. Ditscheiner et moi; mais c'est à tort que, dans le passage auquel je fais allusion, je lui ai fait mesurer un point moins réfrangible du spectre, au lieu d'un point plus réfrangible.

L'avant-dernière série, 42 à 46, donne comme moyennes: $\frac{M}{D} = 0{,}99904$, $\frac{M}{E} = 0{,}99992$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00078$; c'est-à-dire M trop haut par rapport à D de 0,00020, et par rapport à E de 0,00026, et D et E à peu près dans la relation normale; il y a de nouveau à faire ici la part de la circonstance que 46 est un large faisceau, et non une simple raie, et 44 un faisceau étroit.

Enfin, dans la série 47 à 51β, on trouve: $\frac{M}{D} = 0{,}99939$, $\frac{M}{E} = 1{,}00028$ et $\frac{D}{E} = 1{,}00088$; M est donc trop haut relativement à D de 0,00054 et relativement à E de 0,00062, et D est trop haut relativement à E de 0,00008. Nous sommes ici dans la région des raies les moins visibles, et les points comparés comprennent, entre autres, la bande très faible 51β.

[1]) *Archives*, T. I, p. 60.

41. Quel est le résultat définitif de la comparaison à laquelle je viens de me livrer et que j'ai établie d'une manière aussi systématique que possible ? L'impression générale peut être celle-ci : que, abstraction faite des perturbations inévitables qui proviennent, entre autres, du défaut d'identité absolue des points mesurés, mes résultats, vers le côté le plus réfrangible du spectre, s'élèvent, d'abord lentement et ensuite avec plus de rapidité, à la fois par rapport aux valeurs de M. Ditscheiner et à celles de M. Ångström. Fallait-il maintenant, qu'en la supposant fondée, et tournant contre moi-même l'arme tranchante de la critique, je fisse peser sur mes résultats la responsabilité entière de la divergence signalée ? Evidemment je ne pouvais pousser l'abnégation si loin, et condamner mon propre travail. Mais, d'un autre côté, après avoir reconnu cette divergence, par une comparaison instituée longtemps après la publication de mon Mémoire fondamental, j'étais tenu de chercher à en découvrir la cause possible, et c'est ainsi que j'ai été conduit à la longue discussion qui forme la première partie du travail actuel. — On ne doit pas perdre de vue, du reste, que l'excès dont il s'agit ne s'élève, au maximum, qu'à environ $\frac{56}{100000} = \frac{1}{1800}$ de la valeur totale de la longueur d'onde.

42. La marche que suivent les rapports $\frac{M}{D}$, $\frac{M}{E}$, fait penser, au premier abord, à une erreur constante. Cette présomption semble, d'ailleurs, trouver un certain appui dans la circonstance que je ne pouvais prendre des mesures que d'un seul côté du zéro, et que, par suite, une erreur dans la position de ce point devait augmenter ou diminuer uniformément tous les résultats, ce qui, proportionnellement, aurait exercé une influence plus grande sur les longueurs d'onde les plus petites; dans cette hypothèse, et d'après le sens dans lequel les rapports varient, j'aurais dû trouver pour toutes les déviations des nombres trop grands. Mais un examen plus attentif m'a appris qu'il faudrait attribuer une valeur assez considérable à l'erreur constante des longueurs d'onde, ou plutôt à l'écart constant, pour obtenir l'égalité des rapports. Si l'on veut, par exemple, que les rapports de M et D pour 14α et 51α deviennent égaux, on doit diminuer toutes les longueurs d'onde de 5,83, ce qui ramène l'un et l'autre rapport à 0,99787; mais alors les raies 4α et 5 de M se trouvent trop haut, car, avec cette diminution de 5,83, $\frac{M}{D}$ prend pour 4α la valeur 0,99797 et pour 5 la valeur 0,99827. D'un autre côté, une erreur dans la position du zéro de mon instrument ne pourrait avoir relativement que très peu d'influence sur le

rapport des raies, parce que presque toutes reposent aussi sur des spectres d'ordre supérieur au premier; et je ne pouvrais supposer une erreur relativement grande.

Si donc il fallait admettre une cause constante d'erreurs, j'aimerais mieux la chercher dans une position excentrique du réseau, c'est-à-dire dans une position telle que la face rayée ne passe pas rigoureusement par l'axe de rotation du cercle divisé ou de l'alidade qui porte la lunette observatrice. Dans ce cas, si le réseau se meut avec la lunette, comme dans le spectromètre, le mouvement portera continuellement d'autres parties du réseau dans l'axe du collimateur. Si le réseau reste fixe tandis que la lunette se meut, le mouvement portera d'autres parties du réseau dans l'axe de la lunette. Supposons maintenant le réseau composé de divers groupes de fentes, alors ce sera pour chaque déviation, pour ainsi dire, un autre groupe, qui fonctionnera comme groupe central soit pour la lunette, soit pour le collimateur. —

Si le réseau est parfait, cette position excentrique du réseau, en elle-même, ne donnera lieu à aucune erreur. On n'aura plus rien à craindre aussi longtemps que la fente du collimateur occupe le foyer principal de son objectif, et que cet objectif est parfaitement achromatique et exempt d'aberration de sphéricité, et que les mêmes conditions sont satisfaites pour la lunette observatrice. Mais si les lunettes présentent un de ces défauts, la position excentrique du réseau prend bien dûment encore de l'importance, et l'erreur qui en résulte ne peut être neutralisée par l'observation de part et d'autre du zéro, ni, ce qui revient au même, par une rotation de 180° imprimée au réseau dans son plan : les rayons extrêmes d'une certaine fente restés centraux pour l'une des lunettes deviendront marginaux p. e. pour l'autre, ou vice-versa, et la variation dans l'inclinaison des rayons, qui en résulte maintenant donnera une petite différence de chemin additionnelle de ces deux rayons extrêmes, incidents ou difractés. Une cause telle que celle dont je viens de m'occuper en dernier lieu serait, sans doute, de nature à donner précisément une erreur qui croîtrait avec les déviations, c'est-à-dire avec les longueurs d'onde, puisque ces déviations, d'où les longueurs d'onde se déduisent, s'en trouveraient toutes augmentées ou diminuées de plus en plus à mesure qu'elles deviendraient plus grandes elles-mêmes. — Je puis assurer, toutefois, que mes réseaux ont toujours été placés dans une position bien centrale, au moins si le diamètre tracé sur la plate-forme par M. Meyerstein passe exactement par le centre de rotation du cercle, ce que je crois pouvoir admettre en confiance. — Les différentes parties du réseau situées hors de l'axe auraient toujours quelque peu à souffrir d'un tel

changement dans l'inclinaison des rayons, quoique la surface rayée passe par le centre de rotation; ce qui pourrait encore produire des erreurs notables quand le réseau, pour sa partie rayée, est déplacé latéralement par rapport aux axes des lunettes.

Si l'axe du collimateur ou celui de la lunette ne passaient pas par l'axe du cercle divisé, il en résulterait des erreurs semblables à celles qui naîtraient d'une position excentrique du réseau; dans la lumière incidente, convergente ou divergente, ce seraient continuellement des rayons d'obliquité différente qui viendraient frapper une même partie déterminée du réseau, ou bien les rayons diffractés auraient une inclinaison modifiée. Bien que, à cet égard, j'aie été obligé de m'en rapporter entièrement à l'habileté du constructeur, je n'ai aucun motif de craindre pour mes observations une erreur tant soit peu notable dans la position de l'axe du collimateur.

L'insuffisance de largeur du réseau proprement dit (c. à. d. de la partie rayée) par rapport au diamètre des objectifs, en diminuant la section du faisceau qu'il reçoit ou de celui qu'il émet après diffraction, et en augmentant ainsi les variations que cette section éprouve lorsque varie l'obliquité, cette insuffisance, dis-je, pourra produire ici un effet analogue par suite des défauts nommés des lunettes. — Mes réseaux avaient une largeur de 6 et de 9 lignes de Paris, et j'ai fait de mon mieux pour placer le milieu du réseau dans l'axe commune du collimateur et de la lunette quand celle-ci était mise sur le zéro.

Je ne puis affirmer que mes objectifs soient rigoureusement achromatiques et exempts d'aberration de sphéricité. Je ne veux pas prétendre non plus que ma lunette ait toujours été mise exactement au point pour une distance infinie; mais j'en reviens à l'argument dont j'ai déjà fait usage antérieurement, savoir, que j'ai toujours placé le réseau perpendiculairement à l'axe de la lunette, à l'aide de l'oculaire à miroir et de l'image des fils réfléchie par le réseau [1]); que, pour cela, j'ai dû nécessairement voir assez distinctement cette image réfléchie, et que cette netteté, dans le cas où le réseau forme un miroir parfaitement plan, est une garantie suffisante que le réticule se trouvait à peu près au point convenable pour la vision à l'infini. Les observations elles-mêmes ont, du reste, déjà trois ans de date, et les détails ne m'en sont plus assez présents à la mémoire pour que je puisse répondre catégoriquement aux questions de ce genre, là où les registres d'observations se taisent. Je suis disposé à croire, toutefois, que la mise au point pour la vision à l'infini a pu laisser quelque chose à désirer; mais, certainement, cette faute n'a jamais été d'une grandeur notable.

---

[1]) *Archives*, T. I, fasc. 3, p. 201.

Je regarde les deux causes d'erreurs, l'excentricité des lunettes et du réseau, dont je viens de m'occuper, et dont j'ai tâché de préciser l'influence, comme assez importantes pour justifier la longue digression dont elles ont été l'objet. Je vais maintenant jeter encore un coup-d'œil sur les observations de M. DITSCHEINER et de M. ÅNGSTRÖM.

43. A l'égard des observations de M. DITSCHEINER, je remarque d'abord qu'elles paraissent toutes se rapporter à une seule et même installation du réseau et à un seul ajustement de tout l'appareil. Par là elles donnent lieu à la possibilité d'erreurs constantes, p. e. à des erreurs qui naissent des défauts dans les distances mutuelles des fentes du réseau et qui, dans mes expériences, variaient d'elles-mêmes sans cesse, d'un ajustement à l'autre. C'est par cette installation unique du réseau, que je m'explique l'accord remarquable que présentent entre eux les résultats successifs obtenus pour λ d'une même raie, résultats qui ont d'ailleurs cet autre grand avantage de provenir presque tous d'un seul spectre, le second, uniquement avec variation de l'angle d'incidence.

M. DITSCHEINER [1]) assure avoir opéré toujours avec la lumière parallèle; il n'y a donc pas à douter que la fente et l'oculaire n'aient été ajustés pour la distance infinie, et que par conséquent ses observations n'échappent à l'objection qu'on pourrait emprunter au défaut de cet ajustement, en supposant excentriques son collimateur, sa lunette, ou son réseau. Mais il ne paraît pas que ses lunettes fussent parfaitement achromatiques et exemptes d'aberration de sphéricité, car il était obligé de déplacer l'oculaire pour passer du troisième spectre au deuxième [2]), ce qui est un indice suffisant, au moins quant au second des deux défauts en question. Sous ce rapport, ses observations n'ont donc aucun avantage sur les miennes et donnent prise à l'influence des positions excentriques mentionnées.

Les valeurs de γ, c'est-à-dire de l'angle que la lumière incidente fait avec la normale au réseau, sont calculées par M. DITSCHEINER d'après la formule $\tan\gamma = \frac{\sin\delta_l - \sin\delta_r}{2 - \cos\delta_l - \cos\delta_r}$ — dans laquelle se trouve une faute d'impression, le chiffre 1 figurant au dénominateur à la place du chiffre 2 — à l'aide des résultats du troisième spectre pour 14γ ou Dα. Par ce mode de calcul il est tenu compte, dans les valeurs trouvées pour γ, de la forme prismatique de la lame de verre; mais cela n'est

[1]) *Wiener Berichte*, T. L, part. 2, p. 308.

[2]) *l. c.*, p. 313.

vrai, tout au plus, que pour les résultats de ce troisième spectre, tandis que ces valeurs de γ sont employées ordinairement au calcul des observations du deuxième spectre, dans lesquelles, par conséquent, n'est pas éliminée complétement l'influence qu'exerce la forme prismatique lorsqu'on se sert de déviations vers un seul côté, vers le côté droit chez M. DITSCHEINER. Or il n'est guère probable que son réseau ait été tracé sur une lame de glace parfaitement parallèle.

En résumé, les observations de M. DITSCHEINER me paraissent avoir été faites pour un seul ajustement de l'appareil et de la lame; en outre, dans la grande majorité des cas, la déviation n'ayant été prise qu'à droite, les observations ne correspondent qu'à une seule de mes quatre positions, par exemple à la position dans laquelle la face rayée est tournée vers l'œil et le chiffre indicateur du nombre des traits placé en haut. L'inclinaison de la lumière incidente, c'est-à-dire γ, prenait chaque fois une valeur différente chez M. DITSCHEINER, et on la déduisait de déviations à gauche et à droite; pour ce spectre spécial et pour la raie spéciale $D\alpha$, l'influence de la forme prismatique éventuelle de la lame se trouvait ainsi entièrement éliminée, puisqu'elle était comprise dans la valeur de γ; mais il n'en résulte nullement que, par l'emploi de cette valeur de γ dans la réduction, l'influence en question ait été éliminée également pour toutes les autres raies et tous les autres spectres. Cela est d'autant moins admissible que, à proprement parler, ce n'était pas la direction de la lumière incidente, mais plutôt celle de la lumière diffractée qui formait la constante déterminée par γ; du moins je suppose qu'il en était ainsi, vu la similitude des appareils dont nous nous sommes servis, M. DITSCHEINER et moi.

Il est probable que le réseau de M. DITSCHEINER se composait de deux ou de plusieurs groupes de raies, dans lesquels la distance était un peu différente, et que la lunette et le collimateur de son appareil n'étaient pas entièrement corrigés de l'aberration de sphéricité; le deuxième spectre a pu provenir alors d'un groupe plus éloigné du centre de l'appareil et frappé par des rayons plus latéraux du collimateur, tandis que le troisième spectre par exemple était fourni par un groupe plus central; et de cette manière on s'explique que l'un de ces spectres ait exigé une position de l'oculaire un peu différente de celle qui convenait à l'autre.

Je le répète expressément: sans avoir recours à l'aberration sphérique des objectifs, je ne conçois pas pourquoi il serait nécessaire de déplacer l'oculaire en passant, pour une même raie, d'un spectre à un autre spectre dérivé d'un autre groupe de traits.

Lorsque, à titre d'exemple, en me servant des données de M. Ditscheiner (p. 316, *l. c.*) pour les déviations gauche et droite de Dα, je calcule la valeur de γ, en faisant usage, pour ce calcul, de la formule rapportée ci-dessus et de l'autre formule réduite de M. Ditscheiner je trouve, au lieu de la valeur 4° 12′ 16″ assignée par l'auteur, les valeurs 4° 11′ 54″ et 4° 11′ 52″; en calculant, à l'aide de la première de ces formules, la valeur de γ pour les données de la raie marquée 1207,5, et pour le troisième spectre, je ne trouve que 4° 11′ 35″; avec les données de la raie 1961 je trouve 4° 10′ 33″, et avec celles de 2080,1 je trouve 4° 11′ 31″. On voit donc que les différentes raies ne fournissent pas la même valeur de γ, et il paraît s'être introduit des erreurs dans les déviations données. J'ai encore vérifié, pour les données de Dα, la valeur $\gamma = 18° 40′ 55″$; mais, tant par la formule rapportée plus haut que par la formule réduite, j'ai obtenu $\gamma = 18° 41′ 55″$. Nous ne pouvons donc, pour contrôler les résultats relatifs à λ, faire usage qu'avec précaution des valeurs assignées à γ pour Dα; il sera nécessaire, auparavant, de calculer de nouveau toutes ces valeurs de γ, afin de s'assurer qu'elles ne sont pas altérées par des fautes d'impression.

Aussitôt que M. Ditscheiner a dérangé son oculaire, comme il l'indique à la page citée plus haut, il obtient pour Dα, dans le deuxième spectre, des résultats (rapportés deux pages plus loin) qui s'éloignent entre eux tout autant que mes propres résultats, et il attribue cet écart à ce qu'il est tombé dans une autre série de spectres. Quoi qu'il en soit à cet égard, il n'en demeure pas moins démontré que, par un changement qui a beaucoup d'analogie avec les nouveaux ajustements de l'appareil et les nouvelles installations du réseau qui caractérisent mes expériences, le bel accord des divers résultats relatifs à une même raie disparaît chez M. Ditscheiner, tout comme il fait défaut chez moi. Je me croyais autorisé, d'après cela, à attribuer ce bel accord, qui se manifeste dans toute la série des observations de M. Ditscheiner, à la circonstance que probablement, du commencement à la fin, il n'a rien changé à l'installation du réseau et de l'appareil. Mais cette manière d'opérer peut donner lieu très facilement à une valeur proportionnellement trop grande ou trop petite pour toutes les longueurs, parce que ce n'est alors qu'un seul groupe de fentes qui a produit principalement tous les résultats pour les diverses raies et, peut-être, à quelque autre espèce d'erreurs constantes, ou du moins d'erreurs agissant toujours dans le même sens; et pour les raies les plus réfrangibles, sur lesquelles portent surtout les écarts entre M. Ditscheiner et moi, ces erreurs peuvent avoir eu proportionnellement, vu la moindre longueur d'onde,

une importance plus grande; en outre, comme chez moi, ces raies reposent sur des observations faites dans le deuxième spectre seulement, tandis que pour les autres le 3e spectre a concouru également. En bonne conscience, rien ne m'oblige à prendre à ma charge la responsabilité des divergences qui me séparent du savant physicien de Vienne.

44. J'arrive aux observations de M. Ångström. Relativement à l'erreur constante pour les raies 9—13, je n'ai rien à ajouter à ce qui en a été dit plus haut. M. Ångström a opéré avec la lumière incidente normale, et il a fait usage de déviations à droite et à gauche [1]; les conditions dans lesquelles il s'est placé correspondent donc à la combinaison de mes positions III et IV, et elles suffisaient pour l'affranchir spontanément de l'effet de la forme prismatique éventuelle de la lame.

N'ayant jamais vu le théodolite optique de Pistor et Martins, la valeur de cet instrument m'est inconnue. La manière d'installer le réseau et celle de mettre les lunettes au point sont décrites *l. c.* p. 491. M. Ångström ne paraît pas avoir employé, pour s'assurer du parallélisme entre les traits du réseau et la fente du collimateur, le moyen que M. Ditscheiner et moi avons utilisé, savoir, l'horizontalité de ce qu'on a appelé les raies transversales du spectre, qui ont fait tant de bruit dans le temps. Si cette supposition était fondée, et si les traits du réseau n'avaient pas été exactement parallèles à la fente, les résultats de M. Ångström perdraient le caractère de valeurs absolues. En effet, lorsque les raies ont une position oblique dans leur plan, les spectres de diffraction successifs ne sont plus situés dans un plan horizontal parallèle au cercle divisé, sur lequel la fente est supposée perpendiculaire; mais le plan des spectres incline alors sur le cercle horizontal de la même quantité dont les raies inclinent par rapport à la normale à ce cercle; au lieu des déviations réelles, on mesure donc leurs projections horizontales sur le cercle, c'est-à-dire des grandeurs plus petites.

Le passage cité ne permet pas de décider si la fente du collimateur et le réticule de la lunette occupaient les foyers principaux des objectifs. S'ils n'avaient pas exactement cette position, il a pu en résulter, si l'axe de sa lunette ou son réseau étaient placés excentriquement, des erreurs qui ne s'éliminaient pas en mesurant les déviations à droite et à gauche et en prenant la moyenne des deux mesures.

Les divers résultats donnés (*l. c.* p. 493) pour les raies principales du spectre présentent entre eux un accord très satisfaisant; on doit se rappeler,

---

[1]) *Poggend. Annalen*, T. CXXIII, p. 503.

toutefois, que les résultats sont rapportés au pouce de Paris, et qu'ainsi les écarts sont ici 2,7 fois plus petits que s'ils étaient exprimés en millimètres. Rien ne me prouve, d'ailleurs, que le réseau ait été enlevé et replacé à différentes reprises, ni que les lunettes aient été déplacées entre les diverses observations. Il est donc très possible que ces observations appartiennent toutes à une même phase, durant laquelle l'appareil a conservé son installation et sa correction primitives; elles devraient alors à cette circonstance une grande partie de leur concordance mutuelle. Il y eut pourtant des mesures, effectuées le même jour, qui différèrent notablement l'une de l'autre, comme on le voit par les données de la page 503 (*l. c.*), ou l'on trouve des résultats dont les écarts ne me semblent pas provenir du mouvement de la terre ou de celui du système solaire.

Les données me manquent pour porter un jugement complet sur les observations de M. Ångström, et je dois suppposer que l'axe du collimateur passait bien par l'axe de rotation du cercle. Le réseau avait son centre placé au-dessus du centre du cercle; sa face rayée tournée vers l'observateur. Je ne crois pas que, par la méthode décrite, le réticule de la lunette et la fente du collimateur aient été parfaitement placés dans le foyer principal de leurs objectifs. Je ne connais pas la valeur des lunettes quant à leur achromatisme et à leur aberration de sphéricité, mais elles ne seront pas tout à fait exemptes de ce dernier défaut. Il se peut que des causes perturbatrices soient intervenues dans les observations de M. Ångström, qui ont fait sentir leur influence à un plus haut degré, proportionnellement, sur les longueurs d'onde des rayons les plus réfrangibles. Il est permis de supposer que le réseau de M. Ångström n'a pas été absolument parfait, et il se peut qu'il soit composé de deux ou trois groupes de fentes à distances mutuelles un peu différentes. Ainsi donc, les divergences qui me séparent de lui peuvent naître, avec la même probabilité, d'erreurs et de fautes de l'appareil et de la méthode de ce savant que des miennes.

On peut distinguer un certain nombre de périodes durant lesquelles les résultats de M. Ångström conservent mieux leur relation normale avec les miens; telles sont les périodes 1β—8α, 18—22α et 23—27; ailleurs, ils se maintiennent mieux dans leur rapport normal avec les résultats de M. Ditscheiner, par exemple pendant les périodes (14)—17, 42—46 et 47—51β. Dans ces deux dernières périodes, à la limite la plus réfrangible du spectre, ils s'éloignent donc également des miens.

45. Outre les deux grandes séries d'observations dont je viens de parler, nous disposons encore de suites moins étendues, qui ne portent que sur les raies fondamentales ou raies de Fraunhofer pro-

prement dites. Les résultats en sont donnés dans la table ci-jointe *C*, en même temps que les rapports qui existent entre les longueurs d'onde respectives et les miennes. J'ai, pour établir ce rapport, cherché à déterminer aussi exactement que possible les points identiques dans ma série, et je crois y avoir assez bien réussi. C'est ainsi que j'ai identifié le point A de M. STEFAN avec mon point 1α, parce qu'il n'a probablement pas été possible à ce savant, avec son réseau relativement grossier, de distinguer la limite la plus réfrangible dans une bande qui n'est déjà pas trop large; il se peut toutefois que je me trompe à cet égard. Relativement à ce point j'ai encore à citer le résultat isolé de M. HELMHOLTZ [1]), 1$\alpha = 7617$, donnant avec ma valeur le rapport 1,0023. La série dont il y a ici à tenir compte en premier lieu est celle des résultats définitifs de M. MASCART, désignée par N. Ce savant, outre les raies dont nous parlons ici, a mesuré plusieurs raies dans le spectre électrique des métaux et un grand nombre de raies dans la partie invisible la plus réfrangible du spectre solaire, et c'est là son grand mérite. En ce qui concerne la partie visible de ce dernier spectre, il a concentré toutes ses forces sur les raies fondamentales de FRAUNHOFER, mais il ne nous fait pas connaître dans son Mémoire les mesures primitives. Ses résultats reposent sur des mesures effectuées avec différents réseaux, et, par cela seul déjà, ils méritent beaucoup de confiance; mais la manière dont les différents résultats sont admis à contribuer au résultat définitif me semble un peu arbitraire: nous devons nous laisser guider ici, il me semble, par d'autres règles que celle qui consiste à rejeter un résultat parce qu'on le regarde comme moins bon; agir ainsi, c'est précisément le moyen d'introduire des erreurs constantes et gratuites; c'est pour cela que je déplore que les données primitives ne sont pas communiquées *in extenso*. Lorsqu'on examine la colonne des rapports $\frac{M}{N}$, on y retrouve une progression ascendante analogue à celle des colonnes $\frac{M}{D}$ et $\frac{M}{E}$; elle est même au moins aussi régulière que dans les deux rapports nommés; la variation n'y atteint pourtant pas une valeur aussi élevée. Abstraction faite de cette progression ascendante, le rapport de moi à M. MASCART est très satisfaisant, mais pas meilleur toutefois que de moi à M. ÅNGSTRÖM. Lorsque pour ce dernier observateur nous négligeons le point 40, qui paraît avoir été pris par lui trop haut, tandis que précisément ce même point a été pris trop bas par M. DITSCHEINER, alors l'accord entre M et E ne le cède en rien à celui entre M et N;

[1]) *Die Fortschritte der Physik*, Berlin, T. XI, p. 276.

si, de plus, nous écartons 51α dans E et D, ces deux séries, réduites aux raies seules de FRAUNHOFER, et surtout la seconde, se montrent dans un accord presque parfait avec M.

En prenant les valeurs $\frac{1}{3}\left(\frac{M}{D}+\frac{M}{E}+\frac{M}{N}\right)$, moyenne dans laquelle les écarts de D et E pour le point 40 se compensent, on trouve:

pour 4β	0,99962
5	0,99985
14α	0,99974
14γ	0,99974
22α	0,99975
25	0,99985
27γ	0.99977
34	0,99989
40	0,99990
51α	1,00012

46. La série de FRAUNHOFER s'accorde très bien avec M, D, E et N dans la partie la plus claire du spectre, et donne pour 5, $\frac{1}{2}(14\alpha+14\gamma)$ et 22α des rapports $\frac{M}{F}$ qui ne diffèrent entre eux que de $\frac{1}{10000}$ de leur valeur; mais, à partir de 34, le rapport $\frac{M}{F}$ commence de nouveau à croître, tout comme pour les trois séries dont nous nous sommes déjà occupés, et bien plus vite.

Une dernière série de valeurs obtenues par la méthode des réseaux est celle de M. STEFAN; le réseau dont il s'est servi avait été construit par M. le Professeur JEDLIK, de Pesth, et comptait 1000 traits par pouce. Les résultats de M. STEFAN devaient nécessairement offrir des écarts accidentels plus considérables et plus irréguliers pour les rapports que les autres séries, parce que les déviations que produisait son réseau plus grossier étaient beaucoup plus faibles, et parce qu'elles furent mesurées uniquement dans le premier spectre. Il en résulte que la marche ascendante vers 51α, qui pourrait éventuellement exister dans les rapports, est voilée et effacée ici par les écarts accidentels.

Il nous reste encore les résultats publiés par M. BERNARD et par M. ESSELBACH, résultats qui ne reposent plus sur la déviation imprimée à la lumière par les réseaux. M. ESSELBACH s'est servi des franges qui ont été dénommées d'après M. TALBOT; M. BERNARD a fait usage de

l'interférence des rayons ordinaire et extraordinaire fournis par une lame de spath calcaire taillée parallèlement à l'axe, ou bien de l'interférence de deux rayons ayant traversé une lame de quartz taillée perpendiculairement à l'axe. Les deux méthodes de M. BERNARD reposent donc sur le même principe que l'expérience de M. TALBOT, savoir, la production de franges d'interférence dans le spectre prismatique. Il est assez remarquable que la marche ascendante vers l'extrémité la plus réfrangible du spectre, que nous ont présentée jusqu'ici les rapports de mes valeurs à celles des autres observateurs, ne se montre pas si clairement pour le rapport $\frac{M}{H}$. (Un examen ultérieur m'a appris que la seconde série de mesures de M. BERNARD, dont j'ai fait mention à la page 63 de ces Archives, n'est que le résultat d'une réduction de la première, faite par M. MASCART dans la supposition que le D de M. BERNARD correspond à la raie la plus réfrangible de la paire. La série de M. ESSELBACH, qui est peut-être moins exacte, montre de nouveau une marche ascendante dans le rapport $\frac{M}{K}$, et même à un degré beaucoup plus prononcé qu'aucune des autres séries. Les résultats de MM. ESSELBACH et BERNARD ne sont donc pas non plus dans une relation constante entre eux, ce qui semble indiquer que la méthode suivie par ces deux expérimentateurs ne met pas plus à l'abri des écarts accidentels que la détermination au moyen des réseaux. Pour la connaissance de la valeur absolue des longueurs d'onde, il n'y a pas à tenir compte des séries H, K et L, attendu qu'elles reposent toutes, indirectement, sur la valeur attribuée par FRAUNHOFER à l'une ou l'autre des raies principales.

47. Dans une représentation graphique des longueurs d'onde obtenues par les différents observateurs, voici ce qu'on remarquerait.. La série M pourrait convenablement, dans un pareil tracé, être représentée par une droite horizontale; si alors, pour chacune des autres séries, les valeurs des différentes raies restaient dans un même rapport avec les valeurs de M, rapport variable seulement d'une série à l'autre, toutes ces séries, jusqu'à la dernière, pourraient être figurées par des lignes horizontales, parallèles, placées à des distances diverses de la ligne M. Mais — abstraction faite de ces distances, dont le sens même, positif ou négatif, importe peu pour le moment — en vertu de l'accroissement que nous avons trouvé dans les rapports, toutes les lignes devraient s'éloigner plus de M au côté moins réfrangible du spectre que vers l'extrémité la plus réfrangible. En nous bornant à l'emploi de lignes droi-

C.

	Ditscheiner.		Ångström.		Mascart.	
	D	$\frac{M}{D}$	E	$\frac{M}{E}$	N	$\frac{M}{N}$
)0474						
			7612,0	0,99963		
1,00160						
1,00041	6883,3	0,99881				
			6875,0	0,99947	6866,6	1,00069
1,00115	6571,6	0,99908	6567,9	0,99964	6560,7	1,00074
			6283,4	0,99966		
					6275,4	1,00080
1,00075	5905,3	0,99884	5900,4	0,99967	5894,3	1,00070
	5898,9	0,99884	5894,4	0,99965	5888,0	1,00073
1,00362	5278,3	0,99881	5273,9	0,99965	5267,9	1,00078
0,99982	5191,2	0,99901	5187,9	0,99964	5182,0	1,00090
	5180,9	0,99891	5176,8	0,99969		
			5173,3	0,99966		
	5175,4	0,99893	5172,2	0,99954	5165,5	1,00084
1,00434	4868,7	0,99903	4865,2	0,99976	4859,8	1,00087
1,00218	4317,0	0,99861	4310,4	1,00022	4307,6	1,00088
	3974,2	0,99931	3971,6	0,99996	3967,2	1,00108

nnalen, Vol. LXXIV, pag. 339.

47.

tes, celles-ci, pour les séries successives, devraient être tracées sous des inclinaisons de plus en plus grandes par rapport à M. La ligne H serait à peu près parallèle à M; il en serait encore de même de la ligne N s'il était permis de négliger la valeur de 51α, laquelle repose chez M. MASCART sur des observations faites avec deux réseaux seulement. Viendrait alors la ligne E, avec une inclinaison déjà notable, ainsi que la ligne D qui, bien qu'un peu plus inclinée, resterait pourtant sensiblement parallèle à E de 42 à 51; ensuite on trouverait F, avec une inclinaison encore plus forte; et enfin K, qui, de toutes, s'écarterait le plus de l'horizontalité.

M occupe donc la limite extrême du groupe de lignes, accompagnée de H, et suivie immédiatement par N. De quelque manière qu'on tourne et examine la chose, les observations de MM. BERNARD et MASCART me restent les plus fidèles; mes résultats, rapportés à ceux de tous les observateurs, dévient en gros vers la même extrémité du spectre, et pour D et E l'accroissement du rapport s'élève, suivant nos calculs antérieurs, à $\frac{55}{100000}$ ou $\frac{1}{1800}$ de la valeur totale.

48. Les résultats que M. MASCART déduit de ses divers réseaux s'accordent fort bien entre eux, mais l'ordre des spectres employés ne dépasse pas le troisième, tandis qu'il m'a paru utile de prendre en considération des spectres d'un ordre plus élevé. Les valeurs dérivées des spectres d'ordre différent, avec un même réseau, s'éloignent souvent très sensiblement entre elles, et paraissent accuser parfois une marche régulière. Pour les raies obscures du spectre solaire, les seules dont il s'agit ici, les observations de M. MASCART, comme j'ai dit, n'atteignent que le troisième et le quatrième spectre, et encore, pour un de ses réseaux seulement; mais la raie bleue du strontium, raie déjà très réfrangible il est vrai, me fournit ce que je cherchais; pour cette raie, et pour le réseau moins fin n°. 5 de M. MASCART, je trouvai en effet les résultats de cinq spectres successifs, résultats qui ne laissent pas de s'écarter assez sensiblement l'un de l'autre, et dont le plus petit est celui qui appartient au premier spectre. Si nous prenons les résultats obtenus par M. MASCART avec le réseau n°. 3, nous voyons que les valeurs de B, C, γ, b'' et F sont toutes plus grandes dans le premier spectre que dans les deux suivants, et que pour E et G seulement c'est le contraire qui a lieu. Des remarques de ce genre, dont mes tables pourront fournir bon nombre d'exemples, nous amènent à la conclusion que, par suite des causes d'erreurs auxquelles les observations restent soumises, il n'est pas indifférent qu'on fasse usage ou non de spectres d'ordre supérieur, ni qu'on laisse concourir pour une raie des

spectres plus élevés que pour l'autre. On verra dans mes observations, tout comme dans celles des autres expérimentateurs, que pour les raies placées aux extrémités de la série des réfrangibilités on doit se contenter le plus souvent de spectres d'un ordre moins élevé. Pour moi, j'a compté sur la chance d'une certaine compensation des erreurs dans le résultat définitif emprunté aux trois réseaux à la fois.

49. Les observations relatives à un même réseau paraissent avoir été faites par M. MASCART en déplaçant et replaçant ce réseau à différentes reprises. Si je me trompais à cet égard, j'aurais à adresser à ces observations la même objection que j'ai fait valoir contre celles de MM. ÅNGSTRÖM et DITSCHEINER, savoir, d'être affectées possiblement des erreurs constantes auxquelles peut donner lieu l'invariabilité de l'installation du réseau, de l'ajustement de l'appareil et de la mise au point du collimateur. Or, il n'est pas nécessaire d'insister beaucoup sur l'avantage qu'il y a, pour l'accord des résultats déduits de spectres successifs, à conserver invariablement la même disposition, surtout du réseau, et les mêmes corrections de l'appareil. Le seul défaut de ce genre qu'on puisse mettre à charge de mes propres observations, c'est que je n'ai changé que rarement la position de la fente et du réticule oculaire par rapport à leurs objectifs, que je n'ai pas, pour chaque raie nouvelle, voulu faire rentrer ou sortir l'oculaire jusqu'à ce que le plus haut degré de netteté fût obtenu.

Relativement aux valeurs obtenues par M. MASCART avec le réseau n°. 1, on trouve mentionné dans son premier Mémoire (*l. c.*, T. I) qu'elles sont les moyennes de dix séries d'observations.

En ce qui concerne les résultats de FRAUNHOFER, il y a à remarquer encore qu'ils reposent sur des mesures effectuées dans le premier spectre, avec un réseau, qui était plus fin que mon réseau C et que les réseaux de MM. DITSCHEINER et ÅNGSTRÖM, qui avait une largeur de 0,44 de pouce de Paris, et dont les fentes successives étaient éloignées l'une de l'autre de 0mm,0033106, d'après les indications de FRAUNHOFER; il y a à rappeler en outre, que FRAUNHOFER lui-même évalue l'exactitude de ses résultats à $\frac{1}{1000}$ de leur valeur.

Lorsqu'un homme comme FRAUNHOFER taxe relativement si bas l'exactitude de ses résultats, j'aurais mauvaise grâce à élever de trop hautes prétentions pour mes propres observations, et je concéderai volontiers que dans ma table j'aurais pu retrancher, des valeurs de λ, les centièmes à coup sûr, et probablement aussi, pour une bonne partie, les dixièmes. Comparant mes valeurs avec celles des deux autres grandes séries, celles de MM. DITSCHEINER et ÅNGSTRÖM, j'ai trouvé plus haut que

les écarts, en ce qui touche les rapports, s'élèvent à environ 0,0005. Je dois pour le moment regarder nos déterminations comme également exactes, aussi bien en valeur absolue que relative; je pourrais donc les réduire d'abord à une même unité, en donnant par exemple à 14γ une valeur identique dans les trois séries, puis prendre les moyennes; on peut admettre alors que ces moyennes seraient exactes à $\frac{1}{5000}$ de la valeur près. Prenant donc 5895,2 pour la valeur λ de 14γ, dans l'hypothèse que nos trois étalons ont des droits égaux, il est permis de croire que ces résultats définitifs ne seront plus modifiés ultérieurement, augmentés ou diminués, que dans un très faible rapport. Pour le moment toutefois je n'adopte pas encore cette moyenne 5895,2, parce que les valeurs de M. Ditscheiner me paraissent un peu trop au-dessus de celles des deux autres séries, et que j'aimerais mieux voir découvrir une erreur de 2 ou 3 fentes dans son réseau ou une erreur dans son étalon de longueur. Tout en reconnaissant combien il serait désirable qu'on arrivât à décider entre les résultats de MM. Ditscheiner et Ångström et les miens, et à atteindre une exactitude parfaite, je puis, provisoirement, me contenter d'autant mieux de mes résultats que, dans les formules de dispersion (par exemple, pour mes prismes très dispersants de verre pesant de Merz), une erreur de $\frac{1}{4000}$ sur la valeur de λ donne environ une erreur de 0,00004 sur la valeur calculée de l'indice de réfraction, ce qui paraît tomber entre les limites des erreurs d'observation, d'après les recherches de Fraunhofer sur la dispersion. Mes mesures de réfraction m'ont donné trop souvent l'occasion d'apprécier Fraunhofer comme observateur habile, pour que je ne m'incline pas devant son jugement lorsqu'il n'accorde pas un plus haut degré d'exactitude aux mesures dont il est ici question.

Les formules de dispersion dont je viens de parler exigent en premier lieu la connaissance des valeurs de λ pour les différents points du spectre; ce ne sont toutefois pas les valeurs absolues de λ dont nous avons besoin, mais seulement les valeurs relatives; je rappelle que c'est là l'unique but que j'avais primitivement en vue en commençant mes déterminations des longueurs d'onde.

De tout ce que nous avons dit, il résulte qu'une cause essentielle de tous les écarts doit résider ici dans la construction des réseaux, qu'on a à se représenter comme composés chacun de plusieurs réseaux partiels, c'est-à-dire de groupes successifs dans lesquels la distance des traits est un peu différente. La valeur qu'on obtient en pareil cas pour

une certaine longueur d'onde varie suivant que tel ou tel groupe a pris part au phénomène. Mais pour tirer de cette cause tout le secours qu'elle peut nous donner pour expliquer les divergences qui existent entre les différents observateurs, et qui montrent une marche plus régulière d'une extrémité du spectre à l'autre, il faut faire intervenir la position excentrique, soit du plan du réseau, soit des axes du collimateur et de la lunette.

Vient ensuite l'aberration de sphéricité des objectifs, défaut de toutes les lunettes, qui, même avec des réseaux parfaits, peut produire encore des erreurs, aussitôt que les axes des lunettes ne passent plus par l'axe de rotation ou que le réseau est placé excentriquement ou déplacé latéralement; et même lorsque la position du réseau est parfaite, s'il ne couvre pas toute la largeur des objectifs, ce défaut des lunettes aura encore son influence.

Il est singulier que déjà mes résultats avec le réseau A s'écartent de mes résultats avec les deux autres réseaux, de la même manière que mes résultats moyens s'écartent de ceux de mes compétiteurs; cette circonstance, qui me semble plaider déjà en faveur de mes observations, vient à l'appui de ma manière d'expliquer les divergences.

50. Je mets fin ici à mes comparaisons et à mes réflexions. Il me reste l'accord entre mes résultats et ceux que M. Bernard a obtenus par une voie tout-à-fait différente, et la grande approximation de mes résultats avec ceux de M. Mascart, qui, comme moi, a fait usage de plusieurs réseaux différents. Il me reste en outre la consolation de penser que les séries qui s'écartent de la mienne, au fond ne s'accordent non plus entre elles. Il se peut encore que l'accroissement des rapports $\frac{M}{D}$ et $\frac{M}{E}$ pour les périodes 42 à 51α soit tout simplement le résultat de causes accidentelles; s'il en était ainsi, ce serait un grand pas fait vers la coïncidence des quatre séries M D E et N; il ne resterait que la progression très lente visible dans les moyennes de la page 333, et qu'on trouverait déjà en partie réfléchie dans les divergences entre mes résultats A et $\frac{1}{2}$ (B + C).

51. Pour compléter le tableau des données dont j'ai connaissance, il me reste encore à indiquer celles des raies de MM. Ditscheiner et Ångström, qui ne figurent pas dans le résumé général de la table C, parce que je n'avais pas de points correspondants dans ma propre serie. Ces raies sont contenues dans la table D. La première colonne donne de nouveau, sous *d* et *e*, les désignations de ces raies d'après MM. Ditscheiner et Ångström, et les chiffres romains par lesquels j'ai distingué les raies du second de ces observateurs. Sous *d* on trouve deux signes

de moi, 19** et 19***. La deuxième colonne fait connaître, en D et E, les valeurs trouvées pour λ par les deux savants. Il va sans dire que les raies correspondantes des deux séries sont placées sur la même ligne; pour ces points, en petit nombre, on trouve encore, dans la colonne $\frac{D}{E}$ [1]), le rapport entre les valeurs de M. Ditscheiner et celles de M. Ångström.

HARLEM, 1 Juin 1868.

NOTE.

Je profite de la présente occasion pour apporter une certaine extension et quelques corrections au dessin que j'ai donné antérieurement du spectre solaire (*Arch.*, T. I, fasc. 1, Pl. I, fig. 2). Le moment viendra peut-être où je pourrai exécuter une représentation encore plus exacte et plus parfaite de ce spectre; les indications qui suivent trouveront alors leur emploi naturel, et, en attendant, elles ne laisseront pas que d'avoir une certaine utilité.

La Pl. I, fig. 10, représente la région située entre la raie 44 et la large bande 51β, telle qu'elle a été obtenue au moyen du prisme de flint-glass Merz n°. V, qui surpasse un peu en pouvoir réfringent le prisme Steinheil n°. 1 dont j'avais fait usage pour mon dessin, en ayant, surtout à l'extrémité violette du spectre, un pouvoir dispersif plus énergique. Pour toutes les matières fortement réfringentes, la dispersion augmente plus rapidement à cette extrémité violette, et en même temps les raies y deviennent de plus en plus indistinctes; il se peut que cette altération de netteté tienne en partie au défaut d'achromatisme de la lunette observatrice, mais il est probable que, pour une grande partie aussi, elle est due à l'absorption produite par le milieu réfringent, s'exerçant de préférence sur les rayons de moindre longueur d'onde. Le prisme Merz n°. V a été tourné, pour toutes les raies dont il s'agit ici, à leur minimum de déviation. Une minute d'accroissement de la déflexion du rayon lumineux se trouve représen-

---

[1]) Dans la Table B lisez: $\frac{M}{D}$ pour 14γ, 0,99888 au lieu de 0,99884; le rapport $\frac{M}{D}$ normal devient ainsi 0,99886.

tée dans le dessin par 1,5 millimètre. Les distances de ce dessin, pour être ramenées à la même échelle que celles de la gravure du Fasc. Ier, doivent être diminuées dans le rapport de 3 à 2, ou, plus exactement, de 68,5 à 40,4.

Les observations suivantes donneront quelques éclaircissements au sujet de ce dessin :

44 est une raie assez large;

dans la raie 45, la dispersion plus énergique développe deux raies séparées, 45α et 45β, dont la seconde, la plus réfrangible, est la plus foncée;

(45) est une raie étroite et peu accentuée;

46 est une raie large et foncée, un peu entourée de nébulosité;

(46) est une petite raie déliée et foncée;

[46] est une petite bande cotonneuse et médiocrement foncée;

{46} est une bande cotonneuse beaucoup plus foncée, et qui probablement a donné parfois lieu à confusion, de ma part, avec la raie 47;

47 est une raie qui ne se détache pas suffisamment des parties voisines;

entre 47 et 48, environ à mi-chemin, se trouve une bande moins distincte, cotonneuse;

48 est une raie foncée, assez large, qui se réunit avec la bande précédente quand la dispersion est moins forte;

(48) est une raie étroite, assez peu foncée, entourée d'un peu de nébulosité;

(49) est une raie obscure bien caractérisée;

entre 49 et la raie suivante 50, à distance égale environ, il y a une petite raie faible;

50 se compose d'une bande cotonneuse assez large, et d'une raie bien prononcée qui en forme la limite la plus réfrangible; comme dans d'autres cas analogues, je désigne maintenant par 50α le milieu de la bande et de la raie prises ensemble (50 de la Table primitive), et par 50β la raie la plus réfrangible considérée isolément.

(50) est une raie déliée, peu foncée;

[50] est une raie assez large et assez obscure;

{50} est une bande assez large, peu foncée, cotonneuse;

51α est une bande assez large, dont le milieu est la partie la plus obscure;

51β, enfin, est une bande cotonneuse, ayant la même largeur que la précédente, mais beaucoup plus faible et déjà difficile à distinguer.

TWELLO, 15 Juin 1868.

LE PENDULE FOUCAULT

AU

MUSÉE TEYLER,

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. Il y a aujourd'hui vingt ans environ que L. Foucault trouva une démonstration visible de la rotation de la terre dans le déplacement, de l'est vers l'ouest, du plan d'oscillation d'un pendule librement suspendu. A cette époque, un grand nombre d'expérimentateurs s'occupèrent de l'expérience de Foucault, et moi-même je la répétai à Deventer; mais cette ardeur se refroidit bientôt, et elle finit par s'éteindre complétement. Plusieurs mathématiciens ont traité la question théoriquement; mais, de ce côté également, elle n'a pas tardé à être délaissée.

Parmi les expériences qui me sont connues, les meilleures paraissent être celles qui furent exécutées par M. Bunt à Bristol [1]; sous le rapport mathématique, les recherches les plus approfondies auxquelles le phénomène donna lieu sont incontestablement celles qu'on doit à M. P. A. Hansen, de Gotha [2]). M. Bunt s'est servi d'arcs d'oscillation de peu d'étendue et a donné des soins tout particuliers à la suspension du pendule. M. Hansen, dans son Mémoire, a développé les lois du mouvement d'un pendule librement suspendu, en tenant compte de la forme sphéroïdale, de l'aplatissement et de la rotation de la terre, de la rotation et de l'oscillation de torsion que le corps sphérique suspendu peut subir éventuellement autour de son axe propre, du plus ou moins

---

[1]) *Philosophical Magazine*, 4e série, T. I, pag. 552, et T. II, pag. 37, 81, 158 et 424; 1851.

[2]) *Theorie der Pendelbewegung mit Rücksicht auf die Gestalt und Bewegung der Erde.* Mémoire couronné par la Société des naturalistes de Dantzig, 1853.

d'ellipticité de l'orbite décrite par ce corps, et enfin de la résistance de l'air.

Ce sont les résultats d'expérience de M. BUNT et le travail théorique de M. HANSEN dans lesquels, à mon avis, a culminé ce sujet.

Pourtant, sous le rapport expérimental au moins, on s'est arrêté précisément au point où les difficultés véritables commençaient. Il se produit en effet, dans le déplacement azimutal du plan d'oscillation, des perturbations beaucoup plus grandes que la correction principale qu'on déduit de la forme elliptique de l'orbite de la sphère oscillante, correction assignée par M. HANSEN et qui avait été également indiquée déjà dans les considérations sommaires de M.M. GALBRAITH et HAUGHTON et AIRY [1]). Cette trajectoire passe comme d'elle même de la forme rectiligne à la forme elliptique, et de lui-même aussi, au moins dans mes expériences, le sens du mouvement de la sphère dans cette trajectoire se retourne insensiblement, c'est-à-dire que la sphère, qui se dirigeait d'abord, par exemple, de l'ouest à l'est dans une ellipse très allongée, prend pendant quelques temps un mouvement de va-et-vient rectiligne, pour se remettre ensuite à se mouvoir dans une ellipse allongée, mais cette fois en allant de l'est à l'ouest. En gros donc le phénomène a été analysé; comme problème mécanique, et en ce qui concerne l'étude de ces perturbations, il continue à offrir un grand intérêt.

La correction pour l'ellipticité, calculée d'après la formule de GALBRAITH, s'était déjà montrée insuffisante pour ramener à une marche régulière les résultats de M. BUNT : dans ces expériences aussi, le pendule s'était mu dans une ellipse à axes variables.

M. BUNT, M. HANSEN [2]) et d'autres encore ont placé dans le point de suspension et dans les courants dont l'air est agité les causes difficilement appréciables des déviations et des incertitudes dont les résultats demeurent affectés. Mais aucune tentative n'a été faite pour développer théoriquement les relations entre ces causes et les perturbations auxquelles elles donnent lieu. Il était donc assez naturel d'essayer si l'expérience ne pourrait nous mettre ici sur la voie. Les formules de M. HANSEN pour la résistance de l'air [3]) provoquaient ensuite à des recherches capables de jeter quelque jour nouveau sur la nature de cette résistance.

A vrai dire, je n'avais par le dessein d'abord de revenir spécialement,

---

1) *Philosophical Magazine*, 4e série T. II, pag. 134 et 147.

2) *l. c.*, Vorwort, pag. VII.

3) *l. c.*, pag. 62.

en ce moment, sur un phénomène dont je m'étais occupé il y déjà bien des années. Mais, ayant pris l'hiver dernier le pendule de FOUCAULT pour sujet d'une conférence populaire, je fus amené par là à faire, en guise de révision, quelques séries d'observations. D'un autre côté, la mesure de l'arc européen, aujourd'hui en voie d'exécution, avait fait naître en moi l'idée de fournir la détermination de la longueur du pendule simple à secondes pour le Musée Teyler, et, par suite, mon intérêt se trouva éveillé pour tout ce qui offrait quelque rapport avec ce projet ou pouvait m'y être de quelque utilité.

C'est ainsi qu'une recherche expérimentale entreprise en passant, et à laquelle je ne comptais consacrer que peu de jours, à pris les proportions d'un travail assez considérable et qui m'a occupé pendant plus de deux mois. Bien que les résultats obtenus n'aient peut-être pas trop d'importance, je crois devoir les faire connaître, et les Archives sont pour cela la place naturellement assignée.

L'appareil.

2. La grande salle du Musée est un rectangle allongé, dirigé à peu près dans le sens du sud-est au nord-ouest, ayant à l'intérieur une disposition elliptique, et surmonté d'un toit en coupole, aussi elliptique, qui domine le reste du bâtiment, et qui est exposé par conséquent, par ses deux longues faces latérales, aux vents d'est et d'ouest. Les poutres de cette coupole étaient d'un accès facile, grâce à une porte, et il me fut accordé d'y suspendre le pendule. A cet effet, deux poutres superposées, qui mesuraient ensemble une épaisseur d'environ 5 décimètres, furent perforées verticalement, de manière à laisser passer à frottement un bout de tube en fer, dont la longueur, égale à 65 centimètres, excédait l'épaisseur des poutres. Par son extrémité inférieure ce tube dépassait légèrement le revêtement en stuc du plafond. A cette extrémité. (Planche II, fig. 1 en A) se trouvait vissée une pièce en cuivre, évidée supérieurement en cône, et percée au-delà d'une ouverture cylindrique assez large seulement pour qu'un fil de fer de 0,9 millimètre pût y être engagé à frottement; la partie inférieure et saillante de la pièce de cuivre était fendue, de sorte que le fil de fer se laissait introduire facilement dans l'étroite ouverture de 0,9 millimètre, et un écrou annulaire, embrassant à la manière ordinaire la partie fendue, donnait

le moyen d'assurer au fil de fer une fixité absolue à l'extrémité de la pièce de cuivre. Le fil de suspension du pendule, — un fil de fer ordinaire, — traversait donc l'axe de notre tube, passait par l'extrémité inférieure de la pièce en cuivre et y était serré solidement ; les deux moitiés de la partie fendue joignaient si exactement entre elles et au fil, qu'il était souvent difficile, au premier abord, de reconnaître l'existence d'une fente en ce point. La manière dont le fil du pendule se trouvait fixé à l'extrémité inférieure de la pièce de cuivre, c'est-à-dire à son point de suspension, était par conséquent assez parfaite ; par surcroît de précautions, le bout supérieur du fil, à sa sortie du tube, fut attaché à un clou enfoncé dans la poutre. Le tube de fer était serré dans le bois à frottement très dur ; il portait en outre par en haut un large collet circulaire en fer, fixé sur la poutre par des vis, et qui achevait d'éloigner toute crainte de glissement ou d'un déplacement quelconque.

3. La sphère suspendue au fil était en plomb et pesait avec ses accessoires 9,43 kilogrammes ; son diamètre était de 117 mill. La sphère portait vers le bas, en B, une longue pointe d'acier, et vers le haut, en C, une pièce en cuivre donnant attache au fil de fer de 0,9 millimètre. Les écrous destinés à recevoir la pointe et la pièce de cuivre avaient été taraudés avec soin au tour, de manière à ce que ces deux appendices se trouvassent diamétralement opposés. La pointe était donc très approximativement dans le prolongement du fil de suspension. La pièce en cuivre supérieure, C, se compose d'abord d'un cylindre vissé partiellement dans la sphère, et dont la portion saillante avait 25,5 mill. de hauteur et 15,5 centim. de diamètre ; sur ce cylindre s'élèvent deux plaques circulaires épaisses, d'un diamètre de 30,5 mill., et percées chacune d'une ouverture carrée de 4,25 mill. de côté. Ces deux disques sont placés à une distance telle qu'un troisième disque, mobile, de même épaisseur, et également pourvu d'une ouverture carrée, peut s'engager entre eux à frottement ; cette troisième plaque porte en haut une queue quadrangulaire ayant 18 mill. de côté, munie d'un petit trou. Le fil de suspension, bien fixé à son extrémité supérieure, fut passé à travers ce trou, et attaché au disque mobile par une boucle tordue. Après que le fil eut été abandonné pendant quelque temps à lui-même sous cette charge, le disque mobile fut glissé entre les deux disques de la pièce en cuivre, et la jonction opérée solidement au moyen d'une forte cheville en acier qui s'adaptait exactement dans les trois ouvertures carrées correspondantes des disques ; la sphère se trouva alors suspendue et le pendule définitivement constitué En cas de besoin, par exemple pour

opérer un changement d'azimut au point de suspension, il était très facile de détacher momentanément la sphère et de déplacer le fil chargé uniquement du disque mobile.

4. Un cercle divisé, tracé sur papier et d'un diamètre d'environ cinq décimètres, fut ensuite placé sous le pendule, de manière que son centre se trouvât exactement au-dessous de la pointe d'acier. Autour de ce centre se mouvait une alidade portant sur papier une division en demi-centimètres; au milieu de sa longueur cette alidade offrait aussi une division transversale, en millimètres, qui s'étendait, de part et d'autre, à $2\frac{1}{2}$ centimètres du centre. Pour l'observation, — le pendule ayant été lâché simplement à la main, avec les précautions convenables, — le diamètre tracé sur l'alidade était amené dans la direction du plan d'oscillation. Les degrés entiers de la position azimutale du plan d'oscillation se lisaient directement sur le cercle, les dixièmes étaient déterminés par estimation. Le grand axe de l'ellipse que décrivait la pointe se mesurait sur la division longitudinale de l'alidade, le petit axe éventuel sur la division transversale. L'azimut du zéro de la division circulaire fut déterminé à l'aide de la boussole, en admettant que la déclinaison de l'aiguille aimantée s'élève pour Harlem à 18°,75, ce que j'ai déduit des bulletins hebdomadaires et des cartes du professeur Lamont, de Munich. Pour soustraire la sphère à l'action des courants d'air, on plaça sur le disque qui portait la division une caisse octogone en carton (Pl. II, fig. 2), pouvant se séparer en deux parties, d'une hauteur d'environ 5 décimètres, et entièrement ouverte par en haut. Lorsque le pendule avait été mis en mouvement, on recouvrait la partie ouverte, aussi bien que possible, avec des lames de verre, afin d'écarter encore plus complétement l'influence des agitations de l'air. Chaque fois qu'on voulait remettre l'alidade dans l'azimut du plan d'oscillation, pour procéder à la détermination de cet azimut et des axes de l'ellipse, il fallait enlever les lames de verre; mais la caisse de carton restait en place, de sorte que, pour faire les lectures et les estimations, l'œil devait toujours se placer à une certaine hauteur au-dessus de la caisse. Après l'observation la caisse était de nouveau recouverte jusqu'à l'observation suivante.

5. On voit que j'ai encore suivi, tout comme pour les observations faites autrefois à Deventer, les dispositions de M. Bunt dans ce qu'elles ont d'essentiel. Pour la détermination du temps je me suis servi du chronomètre du Musée, Knoblich n°. 1700. L'azimut de la poutre transversale à laquelle le pendule se trouvait suspendu est de 39°,4, en comptant à partir du sud vers l'ouest; le grand axe de la salle étant

perpendiculaire à cette direction, son azimut est égal à 129°,4 en comptant dans le même sens.

La Planche II représente, l'ensemble de l'appareil à l'échelle donnée.

Les observations.

6. Le 1 Mars je commençai les observations avec mon appareil et je les continuai jusqu'au 13 Mai. Avant tout, il me fallut déterminer approximativement la longueur du pendule. Le point d'où partait le fil, c'est-à-dire la face inférieure de la pièce de cuivre qui faisait légèrement saillie sur le plafond de la coupole, était inaccessible. Le pendule exécutait 200 oscillations de petite amplitude dans une durée de 664 secondes; il mettait donc 3^s,32 à accomplir une seule oscillation. Le pendule simple à secondes ayant à Harlem une longueur de 994^{mm},208, il en résultait pour la longueur du pendule employé une valeur approchée de 10,969 mètres. Lorsque, les observations étant terminées, l'appareil fut démonté, je mesurai la longueur du fil depuis le point où il se détachait de la pièce de cuivre jusqu'à celui où il passait à travers l'ouverture du disque mobile qui y était suspendu inférieurement; cette mesure donna en moyenne 10,68 mètres, à quoi il faut ajouter la hauteur de la pièce en cuivre et à peu près la moitié du diamètre de la sphère, c'est-à-dire $50 + 585 = 108$ mill., ce qui donne $10,68 + 0,11 = 10,79$ mètres.

7. Chaque jour, vers 8 h. du matin, le pendule était mis en mouvement. On s'arrangeait de manière à obtenir un mouvement aussi exempte que possible de toute ellipticité, et à donner à l'amplitude, c'est-à-dire à l'étendue de l'oscillation entière, une valeur de 2,5 à 3 décimètres. A cet effet, la sphère du pendule, appuyée librement contre la main gauche étendue, était écartée de la verticale jusqu'à ce que la distance à la position de repos s'élevât environ à 1,5 décimètres; puis, la sphère étant arrivée à l'immobilité, on retirait la main. Cette manœuvre était répétée jusqu'à ce que la sphère se mût sans ellipticité appréciable; alors on déterminait l'azimut du plan d'oscillation, l'amplitude et, éventuellement, le petit axe de l'ellipse; on notait en même temps, d'après les indications du chronomètre, l'instant de l'observation. Dans le courant de la journée, à des intervalles qui s'élevaient en moyenne à 1½ heures, on déterminait de nouveau les mêmes grandeurs, avec le temps correspondant. A moins de

circonstances exceptionnelles, on ne touchait plus, ce jour-là, au pendule, qui restait abandonné à son mouvement propre et à l'influence perturbatrice venue du dehors. Parfois j'obtenais ainsi, depuis 8 h. du matin jusqu'à 5 h. de l'après-midi, huit observations, dont la dernière présentait encore une amplitude tout à fait suffisante. Dans ma première série d'observations j'ai parcouru, de cette manière, p. e. plus de deux fois la circonférence entière, ce qui représente une durée d'observation d'au moins 60 heures.

Cette première série me fit reconnaître bientôt que des perturbations notables se produisaient dans le déplacement de l'azimut, et que les variations du petit axe de l'ellipse offraient une marche régulière. Ces perturbations étaient beaucoup trop grandes pour pouvoir rentrer dans la correction ordinaire due à l'ellipticité de l'orbite. La constatation de ces faits m'engagea à donner plus d'extension à mon travail. On avait toujours cherché dans le point de suspension la cause des perturbations extraordinaires: rien d'étonnant, par conséquent, à ce que j'aie été conduit à joindre, à ma première série d'observations, trois autres séries exécutées en imprimant une rotation successive au point de suspension.

8. Pour la seconde série, après avoir détaché la sphère du pendule, je fis tourner le tube de fer, c'est-à-dire le point de suspension, de 90° dans la poutre qu'il traversait; la sphère fut ensuite de nouveau attachée au fil. L'opération d'enlever et de replacer la sphère se faisait très facilement, grâce à la disposition adoptée pour la jonction des deux parties du pendule. Il était aisé de déterminer sur le cercle l'azimut dans lequel se plaçait la pièce plate en cuivre de la sphère, et cet azimut donnait une mesure satisfaisante de la rotation imprimée au point de suspension, au moins si le fil — comme il y avait lieu de le supposer — n'avait éprouvé aucune torsion pendant cette rotation. Le changement de position du collet du tube par rapport à une ligne tracée sur la face supérieure de la poutre fut, en outre, marqué sur ce collet même.

Cette seconde série me donna des résultats si inattendus, que je la fis suivre de deux autres séries pour les positions intermédiaires. J'eus ainsi quatre séries, dans chacune desquelles j'avais fait au moins deux fois le tour du cercle; dans leur ensemble elles représentent donc plus de 250 heures d'observation.

Dans les troisième et quatrième séries, afin d'augmenter la valeur des résultats, je joignis aux autres déterminations celles de la température du local et de la hauteur barométrique. La densité de l'air influe,

en effet, sur la résistance que le pendule éprouve dans son mouvement, et de cette résistance dépendent, au moins en partie, les axes de l'ellipse. Les températures furent obtenues directement, par les indications d'un thermomètre placé dans le local; les hauteurs barométriques furent déduites, par interpolation, d'un certain nombre de hauteurs prises pendant la durée des observations, dûment corrigées des effets de la capillarité et de la température, et qu'avait fournies le baromètre TONNELOT n°. 744 suspendu depuis peu de temps dans l'observatoire du Musée.

9. Les quatre tables suivantes I—IV donnent maintenant les résultats obtenus dans les quatre séries. Après que le pendule eut été détaché, on put déterminer, par rapport aux lignes tracées sur le collet du tube de fer et relatives aux quatre positions successives, la direction de la fente qui existait à la partie inférieure de la pièce de cuivre et dans laquelle le fil, fortement serré, avait trouvé son point de suspension; au moyen de cette direction, et à l'aide des azimuts successifs qu'avait marqués sur le cercle divisé la pièce plate en cuivre de la sphère du pendule, on put déterminer ensuite l'azimut de la fente pour les quatre positions en question. Les changements de cet azimut représentaient les rotations subies par le point de suspension.

Pour	la	table	I	l'azimut	de	la	fente	fut	= 12°,1
"	"	"	II	"	"	"	"	"	= 57,1
"	"	"	III	"	"	"	"	"	= 102,1
"	"	"	IV	"	"	"	"	"	= 151,1

tous ces angles étant comptés du sud au nord en passant par l'ouest.

10. Tous les résultats sont rangés dans les tables suivant l'ordre des azimuts, et ramenés à des azimuts dans la première demi-circonférence, soit que le départ du pendule et la lecture des angles aient eu lieu dans les deux premiers ou dans les deux derniers quadrants. On a indiqué toutefois dans les tables si les résultats proviennent d'observations faites dans l'une ou dans l'autre de ces deux moitiés de la circonférence. Pour deux observations successives, les azimuts et les indications chronométriques furent retranchés les uns des autres, ce qui donnait le déplacement en azimut du plan d'oscillation dans un temps déterminé qui s'élevait, en moyenne, à 1¼ heures; pour l'expression du temps, les minutes et les secondes furent réduites en fractions décimales de l'heure. La moyenne des indications du chronomètre, au commencement et à la fin d'une semblable durée, donnait l'instant de la journée auquel se rapportait le résultat trouvé pour le déplacement du plan d'oscillation; et la moyenne des deux azimuts observés au commence-

ment et à la fin représentait l'azimut auquel appartenait ce même résultat.

Il aurait été trop long, et sans aucune utilité, de communiquer les résultats immédiats des lectures. Je les ai donc concentrés autant que possible dans les tables, de manière toutefois qu'il fût facile de remonter aux annotations primitives.

La première colonne P indique par des lettres, dont on trouvera la signification plus loin, la date des observations. Lorsque, dans une journée, le pendule n'a été mis en mouvement qu'une seule fois, les observations qui s'y rapportent ne sont distinguées entre elles que par un numéro d'ordre placé, en manière d'exposant, à côté de la lettre: c'est ainsi que a^1 est le résultat obtenu, à une certaine date, en retranchant la seconde annotation de la première, et a^2 le résultat trouvé, pour la même date, en retranchant la troisième de la seconde lecture. Quand le pendule a dû être arrêté dans le courant de la journée, puis remis en marche, les nouvelles observations ont été désignées par la lettre immédiatement suivante.

La deuxième colonne donne l'heure à laquelle les observations se rapportent. La troisième colonne marque par le signe + que la lecture des deux azimuts a eu lieu dans un des deux premiers quadrants, et par le signe — que cette lecture a été faite dans l'un des deux derniers quadrants. La quatrième colonne, A, indique l'azimut, et la cinquième, T, la durée de temps — cette dernière exprimée en heures et parties décimales de l'heure — pour lesquels a été trouvé le déplacement azimutal du plan d'oscillation inscrit dans la sixième colonne B. Dans le cas où la pointe d'acier du pendule décrivait une ellipse, on prenait naturellement, pour azimut du plan d'oscillation, l'azimut du grand axe de cette ellipse. Les trois sous-divisions de la septième colonne a, ont rapport au grand axe de l'ellipse: I donne cet axe pour le commencement de la durée consignée dans la colonne T; II le fait connaître à la fin de cette même durée; et Δa représente le changement — naturellement toujours négatif — qui s'est opéré dans la valeur du grand axe entre les deux instants dont il s'agit; le tout exprimé en millimètres. Les trois sous-divisions de la huitième colonne, b, donnent, aussi en millimètres, les mêmes éléments pour le petit axe de l'ellipse. Lorsque la pointe de la sphère parcourait l'ellipse de l'ouest vers l'est, j'ai donné au petit axe le signe positif, à cause de la valeur positive que prend alors la correction qui doit être faite, d'après la formule mentionnée plus haut, au déplacement azimutal trouvé; quand, au contraire, la pointe marchait dans son ellipse de l'est vers l'ouest, je donnais le signe négatif au petit axe. Il est clair que le signe de Δb n'est pas constant

comme celui de Δa: un accroissement du petit axe regardé comme positif, ou un décroissement de cet axe pris négativement donnent lieu, l'un et l'autre, à un signe positif pour Δb, et vice-versâ. Il est également évident qu'à une certaine lettre de la première colonne, telle que a^2, doivent correspondre, dans les sous-colonnes I de a et b, des valeurs égales à celles qu'on trouve pour a^1 dans les sous-colonnes II; et ainsi de suite pour tous les résultats successifs du même jour. Les neuvième et dixième colonnes, C et D, qui ne figurent que dans les tables II et IV, font connaître, par rapport à chaque résultat, la température du local, en degrés Celsius, et la hauteur barométrique obtenue par interpolation et exprimée en millimètres; l'observation de ces deux éléments a été négligée pour les séries I et II. La onzième colonne, ε, donne de nouveau, dans ses trois sous-divisions, l'excentricité calculée de l'ellipse pour le commencement et la fin de la période T et la variation de l'excentricité durant cet intervalle. Quand la pointe se mouvait exactement en ligne droite, l'excentricité était, naturellement, égale à l'unité. Les signes attribués aux valeurs de la sous-colonne $\Delta\varepsilon$ sont pris de telle sorte que, lorsque la trajectoire s'ouvrait par exemple en une ellipse à petit axe négatif, ce changement était noté comme une variation négative de l'excentricité; le reste se comprend de soi-même. Il est encore évident que, par exemple pour b^4 de la colonne P, on doit trouver ici, dans la sous-colonne I, une valeur de ε identique à celle qui figure, pour b^3, dans la sous-colonne II; et la même chose doit se répéter pour toutes les observations qui se suivent immédiatement. La douzième et dernière colonne fait connaître la valeur du produit $a \times b \times T$, parce que ce produit nous permet de juger de la grandeur relative de la correction qui, d'après la formule rappelée plus haut, devrait être apportée, dans les différents cas, au déplacement de l'azimut.

Les dates des observations sont les suivantes :

Pour la table I,

a	est	1	Mars	*f*	est	10	Mars	
b	"	6	"	*g*	"	11	"	première mise en mouvement du pendule,
c	"	7	"	*h*	"	11	"	seconde mise en mouvement,
d	"	8	"	*i*	"	12	"	première mise en mouvement,
e	"	9	"	*k*	"	12	"	seconde mise en mouvement,
				l	"	13	"	.

pour la table II,

b	est	22	Avril	....	*i*	est	3	Mai	
c	"	23	"	......	*k*	"	4	"	
d	"	26	"	....	*l*	"	5	"	;
e	"	27	"						

pour la table III,

a	est	29	Mars	....	*e*	est	2	Avril	
b	"	30	"	....	*f*	"	3	"	
c	"	31	"	....	*g*	"	7	"	
d	"	1	Avril	....	*h*	"	10	"	;

pour la table IV,

a	est	11	Avril	....	*e*	est	16	Avril	
b	"	12	"	....	*f*	"	17	"	
c	"	13	"	....	*g*	"	18	"	
d	"	15	"	....	*h*	"	19	"	.

11. Les visiteurs que le Musée recevait de temps en temps gênaient plus ou moins mes observations, ne fût-ce que par les courants d'air extraordinaires auxquels ils donnaient lieu en circulant dans la salle. J'observais donc de préférence pendant les jours où le Musée était fermé; mais ceux-ci étant rares, il me fallut bien utiliser également les autres. La fin du mois d'Avril offrit une atmosphère passablement agitée: à cause du voisinage de la mer, le vent, à Harlem, souffle habituellement avec assez de force et de persistance, surtout quand il vient de l'ouest. Les vents violents apportèrent certainement du trouble dans mes mesures; cela ressort avec évidence des résultats. Pour ce motif, j'ai rejeté de la table II les séries:

	a	c'est-à-dire du 21	Avril	
	f	" " " " 28	"	
	g	" " " " 30	"	première mise en mouvement
et	*h*	" " " " 30	".	seconde mise en mouvement;

mais, vu le caractère tout particulier de ces séries, et les perturbations manifestes qu'elles accusent, je les ai réunies dans la table accessoire

II^b. On y voit que c'est surtout le petit axe de l'ellipse que a eu à souffrir de cette influence perturbatrice. Le vent peut avoir occasionné des courants extraordinaires dans l'air de la salle; toutefois, je suis plus disposé à admettre que la coupole entière du Musée et, par suite, le point de suspension ont été soumis à des secousses ou chocs périodiques.

Une rotation proprement dite de la sphère du pendule autour de son axe, rotation sur l'importance de laquelle M. Hansen appelle l'attention [1]), ne s'est pas produite dans mes expériences; mais il m'est bien arrivé, de temps en temps, de communiquer à la sphère, au moment du départ, une oscillation de torsion autour de son axe, laquelle oscillation persistait quelquefois pendant des heures entières. Pour autant que j'y ai prêté attention, et que l'oscillation de torsion n'a pas été éteinte par une nouvelle mise en mouvement du pendule, j'en ai, dans les tables, indiqué l'existence, durant l'une ou l'autre période, au moyen d'un *t* placé au bas des signes + et —. L'amplitude de ces oscillations de torsion n'a jamais dépassé 30°; la pièce plate en cuivre de la sphère me servit à souhait pour la détermination de cette amplitude ainsi que de la durée de l'oscillation. Je trouvai une fois, pour une amplitude de 30°, une durée d'oscillation de 14^s; une autre fois, pour une amplitude de 23°, une durée d'oscillation de 14^s; et enfin une troisième fois, pour une amplitude de 20°, une durée d'oscillation de 16^s,5. Il est probable que la valeur supérieure de ce dernier résultat doit être attribuée à une inexactitude de l'observation, facile à expliquer par la station prolongée qui se fait dans ces oscillations, au point de la plus grande élongation.

12. Les sommes des résultats pour les déplacements en azimut, pour les temps employés et pour les coefficients de correction — grandeurs que j'écris ici, pour abréger, sous forme d'équations — sont:

Pour la table I,

pour les coefficients de correction positifs $26^h,491 = 298°,70 + 14769y$
" " " " " négatifs $36^h,395 = 457°,90 - 19680y$;

Pour la table II,

pour les coefficients de correction positifs $36^h,900 = 424°,09 + 22533y$
" " " " " négatifs $31^h,147 = 399°,64 - 19580y$;

[1]) *l. c.*, p. 38.

Pour la table II^b,

pour les coefficients de correction positifs $5^h,434 = 58^\circ,90 + 4349\,y$
" " " " " négatifs $22^h,913 = 266^\circ,71 - 14304y$;

Pour la table III,

pour les coefficients de correction positifs $32^h,096 = 367^\circ,35 + 14263\,y$
" " " " " négatifs $30^h,097 = 377^\circ,35 - 11681y$;

Pour la table IV,

pour les coefficients de correction positifs $36^h,887 = 431^\circ,28 + 12835\,y$
" " " " " négatifs $33^h,351 = 398^\circ,22 - 10180y$.

Le chronomètre indiquait le temps moyen, mais avançait en moyenne de $1^s,7$ par jour; en conséquence, les sommes des temps pour I, II, III et IV ont été toutes diminuées ici de $0^h,001$. Les sommes générales des résultats relatifs à I, II, III et IV sont:

pour les coefficients de correction positifs: $132^h,374 = 1521^\circ,42 + 64400\,y$
" " " " " négatifs: $130^h,990 = 1633^\circ,11 - 61121\,y$
$263^h,364 = 3154^\circ,53 + 3279y$.

13. Je désirais beaucoup apprendre quelque chose touchant le décroissement des deux axes de l'ellipse décrite par la sphère du pendule; ce décroissement, en effet, dépendant de la résistance éprouvée, il n'était pas impossible que, des résultats de l'observation, on pût déduire quelques conséquences relativement à cette résistance. J'ai donc entrepris sur ce point quelques recherches systématiques, les 7, 8, 12 et 13 Mai, alors que le point de suspension occupait sa dernière position, celle de la table II. Pour ces observations j'avais soin qu'au départ le pendule prît un mouvement tel, que le grand axe de l'ellipse fût aussi grand que possible et que le petit axe eût une valeur notable; j'abandonnais alors le pendule à lui-même aussi longtemps que l'observation était praticable, et je déterminais, chaque demi-heure, la valeur du grand et du petit axe. Quant aux azimuts du plan d'oscillation, je ne les notais que pour autant qu'ils m'étaient nécessaires pour préciser l'azimut auquel les autres grandeurs se rapportaient; il y avait d'autant moins d'intérêt à les utiliser pour

la détermination du déplacement du plan d'oscillation, que la lecture des azimuts était rendue beaucoup plus incertaine par l'ellipticité relativement considérable de l'orbite. Les résultats sont consignés dans la table V; les colonnes dont l'en-tête est le même que dans les tables précédentes n'ont besoin d'aucune explication nouvellle; le petit axe b est encore positif quand la sphère du pendule marche dans son orbite de l'ouest vers l'est. La nouvelle colonne Δt indique, en secondes, le temps écoulé entre deux observations successives; la colonne k donne le coefficient de la résistance, déduit du décroissement du grand axe pendant le temps Δt, d'après la formule de M. Hansen [1])

$$k = \frac{2\ (log\ a - log\ a')}{M\ \Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (I)$$

dans laquelle les logarithmes sont ceux du système de Briggs, et où M représente le module de ce système. Le t qui figure à côté de quelques-unes des valeurs de la première colonne fait connaître que la sphère du pendule était animée d'une oscillation de torsion; les astérisques qu'on remarque çà et là indiquent que je n'ai pas grande confiance dans les résultats auxquels ils sont joints.

Telles furent mes dernières observations. Je ne poussai pas plus loin des recherches qui m'avaient déjà pris un temps assez considérable. Le 23 Mai je détachai la sphère et enlevai le pendule; le fil resta fixé dans le tube, de sorte que je pus encore, plus tard, me procurer les quelques mesures dont j'avais besoin et qui ont été mentionnées plus haut.

Discussion.

14. On est conduit tout naturellement à tirer des équations données au paragraphe 12 la valeur de h et de y, c'est-à-dire du mouvement horaire de l'azimut et du facteur inconnu de la correction.

Les équations de la table	I	donnent	$h = 11°,936$ et	$y = 0,00119$
" " " " "	II	"	$h = 12°,136$ "	$y = 0,00105$
" " " " "	III	"	$h = 12°,028$ "	$y = 0,00131$
" " " " "	IV	"	$h = 11°,824$ "	$y = 0,00038$
		Somme:	$= 47°,924$	$= 0,00393$
		moyenne:	$h = 11°,981$ et	$y = 0,00098$.

[1]) *l. c.*, p. 74.

La résolution des deux dernières équations, obtenues par la sommation, quatre à quatre, de toutes les autres, donne $h = 11°,991$ et $y = 0,00102$.

La latitude géographique de Harlem est de 52° 22′ 54″ N. La rotation de la terre en une heure de temps moyen comprend 15°,0411; ce nombre, multiplié par le sinus de la latitude, donne pour la valeur théorique de h, 11°,914.

La valeur expérimentale trouvée pour h est donc notablement trop grande, environ de $\frac{1}{150}$ de la valeur totale; on voit en même temps que la table II, où l'excentricité de l'ellipse décrite par la sphère du pendule et, par conséquent, les coefficients du terme de correction montent le plus haut, assigne à h la valeur la plus forte.

Cet écart provient donc indubitablement de perturbations qui dépendent de la forme elliptique de l'orbite, mais qui, toutefois, ne peuvent être regardées comme simplement proportionnelles au produit des premières puissances des axes.

Il serait oiseux de construire une formule dans laquelle entreraient comme coefficients les puissances supérieures de ce produit ou l'excentricité, puis de résoudre ces équations pour en déduire les facteurs inconnus. Sans doute, on parviendrait ainsi à déterminer ces inconnues; peut-être même trouverait-on pour h une valeur s'accordant mieux avec le nombre théorique; mais rien ne nous garantit ce dernier résultat. Pour le moment, la théorie ne nous donne pas encore la forme de la formule désirée; mais certainement elle y réussira un jour, quand elle envisagera le problème d'une manière plus complète. Ce qu'il y a de mieux à faire, c'est de suspendre jusque-là toute recherche d'une formule plus en harmonie avec les résultats de l'expérience. Je ne suis pas partisan des formules empiriques aussi longtemps qu'il y a des motifs d'espérer qu'on pourra découvrir la formule théorique. Il est clair qu'en introduisant un nombre suffisant d'inconnues on doit toujours arriver à une formule qui embrasse *toutes* les observations; mais la valeur d'une pareille formule est souvent très faible, parce qu'elle comprend, non-seulement le phénomène lui-même, mais aussi les erreurs accidentelles. La science nous fournit journellement le triste exemple des absurdités auxquelles on peut être entraîné de cette manière.

15. Les résultats de la table V pourraient être employés à contrôler les formules de M. HANSEN relatives à la résistance de l'air. La colonne k montre que les valeurs de k décroissent quand le grand axe a diminue lui-même; partout, dans la table, ce même phénomène se reproduit. Cette série d'observations contient donc, il n'y a pas à en douter, l'expression de l'une ou l'autre loi. Mais il est à présumer que, outre

la résistance de l'air, il y a encore ici quelque autre cause en jeu, la série des valeurs de b présentant un cours très variable suivant qu'elles sont positives ou négatives et suivant que l'azimut prend des valeurs diverses. Je m'abstiens donc, pour le moment, de chercher à soulever le voile qui recouvre le phénomène; je livre simplement mes résultats, comme un problème posé aux géomètres. Moi-même j'espère revenir plus tard encore une fois sur la question avec un appareil plus exact et dans des circonstances plus favorables.

16. Considérons maintenant les tables I—IV, et suivons, en particulier, la marche des variations qu'éprouvent le petit axe b et l'excentricité ε; les unes aussi bien que les autres donnent une idée de la manière dont l'ellipticité prend naissance. La table I montre immédiatement que la variation de b, qui débute avec un signe incertain, devient positive vers l'azimut de 18° et conserve ensuite ce signe jusque vers l'azimut de 116°, la série de ces signes positifs n'étant interrompue que par deux signes négatifs; à mi-chemin, aux environs de l'azimut de 57°, il paraît réellement y avoir un maximum positif de Δb. La marche de Δb qui vient d'être spécifiée se poursuit sans aucun égard au signe de b lui-même, c'est-à-dire, soit que la sphère se meuve dans son orbite de l'est vers l'ouest, ou de l'ouest vers l'est; l'axe b augmente dans le premier cas et diminue dans le second, uniquement pour que Δb puisse rester négatif. De plus, cette marche de Δb se développe avec évidence à travers la série entière des observations, bien que celles-ci proviennent de dates différentes et d'heures différentes de la journée, et soient rangées à la suite les unes des autres simplement d'après l'azimut, ce qui rapproche des observations très éloignées entre elles par le temps. Enfin, la marche en question n'est nullement influencée par la circonstance — indiquée dans la colonne R par les signes plus et moins — que la mise en mouvement et la lecture aient eu lieu dans l'un des deux premiers quadrants, ou bien au côté diamétralement opposé, dans l'un des deux derniers.

Si nous comparons les valeurs de la colonne $\Delta \varepsilon$, lesquelles toutefois ne peuvent donner une idée aussi claire du changement de l'ellipticité, parce qu'elles dépendent en même temps de la longueur du grand axe, nous voyons le signe positif apparaître dans un azimut d'environ 33° et persister jusque vers 117°.

Δb devient négatif au voisinage de 117° et conserve ce signe, avec une couple d'écarts seulement, jusqu'à 18° ou, si l'on veut, jusqu'à 180° + 18° = 198°. Vers 153° cette grandeur semble posséder un maximum négatif.

De même $\Delta \varepsilon$, qui devient négatif près de 117°, reste constamment négatif jusqu'à 213°.

17. La table I comprend la première série de mes observations. Assez surpris de la marche régulière qu'avaient montrée Δb et $\Delta \varepsilon$, je résolus immédiatement de commencer une nouvelle série de mesures ; et comme j'étais pénétré de l'influence du point de suspension, sur laquelle j'avais vu la plupart des savants insister d'une manière toute particulière, il était naturel que j'essayasse le changement de position de ce point comme première modification à introduire dans les conditions du phénomène. La sphère du pendule fut donc détachée pour un instant ; le collet du tube de fer supérieur fut détaché de la poutre ; et le fil, avec le disque mobile qu'il supportait et avec le tube qui lui donnait attache, fut tourné par en haut d'environ 90°. Le collet ayant été alors fixé de nouveau avec soin sur la poutre et la sphère remise en place, l'azimut de la direction que prit, par rapport au cercle divisé, la pièce plate de la sphère vint confirmer que le point de suspension avait été tourné très approximativement de 90°.

C'est ainsi que furent obtenus, d'après l'ordre des temps, les résultats de la table III. Ils donnent Δb positif depuis l'azimut de 53° jusqu'à celui de 144° environ, avec un maximum vers 82°, et $\Delta \varepsilon$ positif depuis 58° jusqu'à 157°.

Je ne saurais dire combien je me trouvai désappointé. Je m'étais attendu naturellement à voir les points capitaux de Δb et de $\Delta \varepsilon$ tourner de 90° en azimut, en même temps que le point de suspension; et, au lieu de cela, je ne trouvais qu'une rotation de 35° ou de 25°. Outre la direction de la fente, c'est-à-dire la direction suivant laquelle le fil était serré, et l'azimut des différents côtés du fil, d'autres causes encore, des causes demeurées constantes peut-être, paraissaient donc avoir concouru ici à développer l'ellipticité de l'orbite. Pendant la rotation de son extrémité supérieure, le fil de suspension n'avait subi aucune torsion ; la charge qu'il supportait — un disque du poids de 15 grammes seulement — était d'ailleurs beaucoup trop faible pour qu'un pareil effet eût pu se produire.

Comme cause restée constante, je ne pouvais imaginer que la direction de la poutre transversale qui donnait attache au pendule, et dans laquelle étaient excitées peut-être des vibrations réagissant sur les oscillations de la sphère. C'est pour cela que j'ai mentionné plus haut la direction de cette poutre.

Comme cause modifiante, mon attention se porta encore sur l'inclinaison par rapport à l'horizon du plan de cuivre dans lequel le fil était serré et où il apparaissait à l'extérieur. Il se peut en effet que ce plan n'ait pas été parfaitement horizontal, tandis que le fil a dû, en tout état de cause, pendre verticalement. Malheureusement, cette extrémité

inférieure du tube se trouvait hors de mon atteinte, le point où elle perçait le plafond étant trop élevé pour que je pusse y parvenir au moyen d'échelles. Je me suis donc contenté de marquer en haut sur la poutre, avec une approximation grossière, le point du collet qui occupait la position la plus élevée; ce point tombait pour cette table III presque dans la direction de la poutre même, savoir dans un azimut d'environ 42° par estimation.

18 Avec un empressement passablement mitigé je procédai à la troisième série d'observations, celle de la table IV. Le point de suspension reçut un nouveau déplacement en azimut, dans le même sens et avec les mêmes précautions; d'après l'azimut dans lequel se plaça la pièce plate du pendule, la nouvelle rotation avait atteint environ 49°.

Le point le plus élevé du collet se trouvait encore, approximativement, sur la direction de la poutre, dans un azimut qui pouvait aller à 39°. On ne doit pas croire toutefois que l'inclinaison du collet par rapport à l'horizon eût, dans aucune des positions successives, une valeur bien notable. Dès le commencement des observations, j'avais mis tous mes soins à placer, avec l'aide d'un niveau, le collet aussi horizontalement que possible; et d'un autre côté, j'avais recommandé à l'ouvrier chargé de la construction de l'appareil de fixer le tube dans une position bien perpendiculaire au collet, afin d'être assuré de la direction verticale de la première pièce lorsque la seconde serait placée de niveau. Quand je parle ici du point le plus élevé du collet, je n'ai donc en vue que la légère inclinaison qui restait inévitablement après que les vis avaient été serrées.

Les observations dont la table IV donne les résultats montrent de nouveau dans $\Delta\ b$ et $\Delta\ \epsilon$ la même marche qui a été signalée pour les deux séries précédentes; mais, de nouveau aussi, le déplacement azimutal des points capitaux ne répond pas au déplacement en azimut du point de suspension. $\Delta\ b$ devient positif vers 60° et le demeure jusqu'à 160°; vers 106° il semble y avoir un maximum; dans le reste des deux quadrants $\Delta\ b$ est négatif. $\Delta\ \epsilon$ devient décidément positif vers 91° et conserve ce signe jusqu'à 180°.

19. Ce résultat ne faisait qu'augmenter ma perplexité: je voyais chaque fois les points capitaux de $\Delta\, b$ et $\Delta\, \epsilon$ changer d'azimut, mais je ne parvenais pas à obtenir des déplacements égaux aux rotations azimutales du point de suspension. Je me décidai à entreprendre une quatrième série d'observations (table II), en ramenant le point de suspension d'un quart de circonférence en arrière. Cette nouvelle rotation fut effectuée avec les soins déjà indiqués.

Après que la liaison du fil et de la sphère eut été rétablie, la pièce

plate de celle-ci m'apprit, par son azimut, que la rotation rétrograde avait été presque exactement de 94°. L'azimut du point le plus élevé du collet, lequel point coïncidait cette fois avec une des vis fut trouvé approximativement de 89°.

Les observations s'exécutèrent dans des conditions moins favorables que les précédentes, par suite de l'état agité de l'atmosphère, lequel eut certainement de l'influence sur la marche progressive de l'ellipticité; la réalité de cette influence est suffisamment attestée par les observations que, pour ce motif, j'ai cru devoir rejeter de la table II. Cette table elle-même contient encore de plus grandes valeurs de b que les autres tables; mais ces valeurs ne sont pas tout à fait attribuables au vent, puisque les jours les plus venteux avaient été exclus. Quoi qu'il en soit, ici encore on voit Δb suivre sa marche régulière, devenir positif vers 17° et le rester jusqu'à 109°, avec un maximum vers 79°; partout ailleurs dans les deux quadrants Δb est négatif. Quant à $\Delta \varepsilon$, il est positif depuis 39° jusqu'à 126°.

Le phénomène dont la table II nous fournit un nouvel exemple se retrouve encore, sous une autre forme, dans la table V, qui se rapporte à la même position du point de suspension mais à des jours plus venteux; ici ce phénomène se manifeste par la rapidité variable du décroissement de b, suivant que b est positif ou négatif et suivant que l'azimut prend des valeurs différentes.

Les indications des tables III, II et V sont plus complètes que les deux autres, en ce sens qu'elles comprennent aussi les hauteurs thermométriques et barométriques, dont, à un certain moment et par excès de sollicitude peut-être, j'avais cru ne pas devoir négliger l'observation.

20. Rapprochons maintenant les divers azimuts. Comme azimut dans lequel Δb devient positif, je prendrai le milieu entre le nombre de degrés pour lequel cela a eu lieu réellement et le nombre qu'on obtient en retranchant 90° de l'azimut dans lequel Δb a cessé d'être positif. J'opère de même pour fixer le commencement des valeurs positives de $\Delta \varepsilon$. On trouve ainsi:

Azimut de la poutre transversale = 39°,4,

	I.	II.	III.	IV.	
azimut de la fente.	12°,1 . .	57°,1 . .	102°,1 . .	151°,1 . .	(α)
azim. du point le plus élevé du collet.	? . .	89,0 . .	42,0 . .	39,0 . .	(β)
azim. où commence + Δb.	22,0 . .	18,0 . .	53,0 . .	65,0 . .	(γ)
azim. où commence + $\Delta \varepsilon$.	30,0 . .	38,0 . .	62,0 . .	90,0 . .	(δ).

Le premier nombre de la ligne (β) fait malheureusement défaut et,

de mémoire, il m'est impossible de combler cette lacune. Tout ce que je sais, c'est que, dès cette première opération de suspension, je me suis efforcé de donner au collet une position aussi voisine de l'horizontalité que possible; et je présume que le point le plus élevé — déterminé probablement par la direction que suivait dans la poutre l'ouverture où le tube passait à frottement — n'aura pas été très éloigné des points les plus élevés relatifs aux autres séries.

On voit de suite que les azimuts compris dans les lignes horizontales (γ) et (δ) ne suivent pas ceux de la ligne (α). Les nombres de (γ) et de (δ) croissent bien dans le même sens que ceux de (α), mais dans un rapport beaucoup moindre; et même pour le sens de l'accroissement, le nombre 18° de la série II fait déjà exception: au lieu d'être supérieur au nombre correspondant 22° de la série I, il lui est inférieur.

La comparaison de (γ) avec (β) apprend seulement que pour les deux dernières colonnes, qui offrent des valeurs (γ) assez rapprochées, les valeurs (β) sont aussi assez voisines l'une de l'autre; tandis que pour la colonne II, qui présente une valeur (γ) notablement différente, la valeur (β) s'éloigne aussi considérablement de ce qu'elle est dans les colonnes III et IV.

Il se peut qu'en joignant d'autres azimuts — bien que je ne sache pas précisément lesquels — à ceux qui se trouvent rassemblés plus haut, et en combinant ces divers azimuts entre eux, on parvînt à trouver quelque relation plus ou moins plausible. Mais le parti le plus simple et le plus sage est d'avouer que nous sommes ici en présence d'un problème dont la solution nous échappe. De même qu'il est peu profitable de construire des formules empiriques alors qu'on est en droit d'attendre de la théorie les formules vraies, de même il serait irrationnel de chercher ici, au hasard, une cause pour l'explication de phénomènes où des circonstances nombreuses, variables et diversement combinées sont peut-être entrées en jeu.

Les résultats montrent suffisamment que la méthode employée pour fixer le fil, méthode empruntée de M. Bunt, laissait peu de chose à désirer; certainement le fil ne se trouvait pas serré d'une manière très irrégulière, car, à coup sûr, l'ellipticité développée dans l'orbite du pendule ne suivait *pas* régulièrement l'azimut de la fente.

21. Mais à quoi alors attribuer les changements d'une série à l'autre? Les mouvements de l'atmosphère ne peuvent pas y avoir donné naissance, car les observations de chaque table sont disséminées sur huit et parfois jusque sur quinze jours consécutifs. Il doit s'être produit dans mon appareil, d'une série à la suivante, quelque modification qui a échappé à mon attention.

Analysons de plus près le mode de suspension. Un tube solide en fer traversait avec effort une poutre, à laquelle le fixait en outre un collet serré à vis; mais l'appréciation du degré de torsion et de pression que le tube éprouvait dans la masse ligneuse m'était absolument interdite. Lors du premier et du second déplacement en azimut du point de suspension, en vue des observations des tables III et IV, la rotation imprimée au tube eut lieu chaque fois dans le même sens; pour le troisième déplacement, pour la table II, cette rotation se fit en sens contraire, en ramenant le tube vers sa position initiale. Regardons pour un instant le tube comme une partie intégrante du fil, comme une tige plus épaisse fixée invariablement à l'extrémité supérieure de ce fil, et à laquelle la sphère se trouvait par conséquent suspendue au même titre qu'à tout le reste du fil. Lors de la première introduction du tube dans l'ouverture, il arriva nécessairement que le tube se trouva en contact avec le bois en certains points, mais non en d'autres; cela dut dépendre du plus ou moins de perfection obtenu dans le percement de l'ouverture, ainsi que de la forme et de la surface du tube. Lorsque ensuite on fit tourner le tube, pour l'amener successivement dans sa seconde et dans sa troisième position, les points de contact entre le fer et le bois se déplacèrent naturellement; ce déplacement put être moindre, toutefois, de la seconde à la troisième position que de la première à la seconde. La dernière rotation, opérée en rétrogradant, et aboutissant à la position de la table II, rapprocha de nouveau les points de contact de ceux de la position initiale; mais pendant ces mouvements, d'abord direct puis rétrograde, pour l'exécution desquels il fallait commencer chaque fois par retirer plus ou moins le tube en le faisant tourner dans l'ouverture à droite et à gauche, le bois avait été certainement un peu usé; l'ouverture était donc devenue plus lisse intérieurement, et le tube devait par suite y passer un peu plus librement.

D'après cette représentation de l'état des choses, mon fil de suspension aurait donc consisté en un fil de 0,9 millimètre de diamètre, auquel était soudé supérieurement un tube en fer long de 6 décimètres et épais de plus de 13,5 mill. et dont la paroi mesurait 1,8 mill. Cette tige était bien engagée à frottement dans l'ouverture, mais pour les observations des différentes tables elle touchait en des points différents le bois qui l'enveloppait. Elle participait un peu aux oscillations de l'ensemble et c'était elle, précisément, qui — peut-être par son défaut d'homogénéité, mais plus probablement par ses points de contact avec le bois — donnait naissance à l'ellipticité de l'orbite pendulaire, ellipticité variable avec l'azimut. Dans la dernière position, celle qui correspond à la table

II, la tige avait retrouvé à peu près ses contacts primitifs; mais en même temps elle était devenue plus libre dans ses mouvements, ce qui suffirait à rendre compte de l'accroissement de longueur du petit axe.

Telle est, si je ne me trompe, l'explication la plus naturelle et la plus vraisemblable. Le mode de suspension n'a pas présenté la simplicité que j'avais cru lui donner; par là, les expériences sont devenues malheureusement plus complexes, mais non à tel point qu'elles doivent rester à tout jamais inaccessibles à la théorie. Elles fournissent une démonstration frappante de l'influence de la suspension sur l'ellipticité de l'orbite. Les différentes séries d'observations ont été poursuivies jusqu'à la fin avec les mêmes soins minutieux, et le résultat n'a pas laissé d'être instructif pour moi, surtout par rapport au mode de suspension dont j'aurai à faire choix pour la détermination de la longueur du pendule à secondes, dont il a été question dans l'introduction. A ceux qui seraient tentés de croire que mon temps et mes peines eussent été mieux employés à quelque recherche plus immédiatement fructueuse, je rappellerai que la science n'avance que par des efforts successifs et persévérants: j'espère que les miens auront au moins servi à répandre un peu plus de jour sur un phénomène encore bien obscur.

La grande approximation qu'on remarque entre les azimuts (β) et (γ), relatifs aux tables III et IV, autoriserait, ce me semble, à fondre ces deux tables en une seule; de même j'incline à regarder comme à peu près identiques les circonstances auxquelles se rapportent les tables I et II. En conséquence, si j'étais en possession d'une formule propre à contrôler les résultats, je commencerais par prendre la moyenne des tables III et IV, puis celle des tables I et II.

Je demanderai, en terminant ce paragraphe, qu'on veuille bien ne voir qu'une hypothèse très plausible dans le rôle qui s'y trouve attribué au tube de suspension; car, en vertu de sa rigidité, ce tube n'a pu, en tout cas, prendre qu'une part très faible au mouvement de la sphère.

22. La table V fit naître la pensée d'obtenir par l'observation du pendule quelque résultat relativement à la résistance de l'air. A ce point de vue, on pourrait me reprocher la manière imparfaite dont la sphère de mon pendule a été garantie des courants du milieu atmosphérique. Ce reproche serait fondé en partie; mais, d'un autre côté, lorsqu'il s'agit de la résistance que le pendule éprouve de l'air, on a à tenir compte des observations suivantes.

La vitesse de la sphère à quelque instant étant appelée v, et la résistance que la sphère éprouve en chacun de ses points étant supposée proportionnelle à la première puissance de v, on a pour cette résistance:

$P = N.v \times r^2 \pi$, dans notre cas $= 10801$ N. v, expression où N est une constante et r le rayon de la sphère en millim.

La résistance de la partie cylindrique de la pièce en cuivre est, d'après les données de plus haut, $Q = 395.N.v$ et, d'après ces mêmes données, la résistance de la pièce plate R, variable avec la direction des oscillations, s'élève dans son maximum, lorsque cette direction est perpendiculaire à la face plane de la pièce, à $1054.N.v$, et dans son minimum elle devient égale à $410.N.v$. La vitesse angulaire de la sphère est $\frac{v}{l}$, l étant la longueur du pendule. Si d représente l'épaisseur du fil du pendule, et x sa longueur comptée à partir du point de suspension, la résistance éprouvée par le fil de la part de l'air est exprimée par :

$$S = \int_0^l N x d \frac{v}{l} \delta x = \tfrac{1}{2} N. v. l. d, \text{ ou dans notre cas } = 4856.N.v.$$

La résistance totale éprouvée par le pendule est donc égale à la somme de la partie constante $P + Q + S$ et de la partie variable R. Or, la valeur de S atteignant une fraction notable de celle de $P + Q + R$, on voit que, même en supposant la sphère entièrement à l'abri des agitations de l'air, le fil restant à découvert, il n'y en a pas moins une partie considérable de la surface entière qui reste exposée à cette influence perturbatrice et qui donne une partie considérable de la résistance totale.

TWELLO, 6 Juillet 1868.

SUR L'ABERRATION DE LA LUMIÈRE

(*Aberratio fixarum*)

PAR

V. S. M. VAN DER WILLIGEN.

---

1. La manière dont on a considéré, dans divers travaux publiés récemment, le phénomène découvert par BRADLEY, m'engage à présenter à mon tour quelques vues à ce sujet. Dans ce que j'ai à dire, je prendrai pour point de départ la proposition suivante, qui se trouve déjà énoncée explicitement dans ma Dissertation inaugurale [1]), thèse II: ***Dans un rayon de lumière, considéré en lui-même, notre œil ne reconnaît aucune direction; c'est-à-dire, qu'il ne perçoit directement ni la direction du rayon ni celle de la normale à la surface d'onde; toute notion de direction résulte de la comparaison entre les positions attribuées à deux objets; deux objets sont situés pour nous dans la même direction quand l'un couvre l'autre pour l'œil.***

Lorsque nous cherchons à déterminer la direction dans laquelle un objet se présente à nous, c'est toujours au moyen d'un second objet, par exemple des fils croisés d'une ligne de visée, que nous plaçons de telle sorte qu'ils recouvrent le premier objet. On note alors la position que cette ligne a prise sur l'instrument à l'aide d'une alidade, et, suivant la nature de l'instrument et l'orientation de la direction qui vient d'être déterminée, on rapporte celle-ci, par exemple au méridien ou à la verticale, c'est-à-dire à la direction donnée par le fil à plomb et par la perpendiculaire à une surface de niveau.

C'est donc aussi de cette manière que nous fixons la position d'une

---

[1]) *De aberratione lucis*, Lugd. Bat. 1847.

étoile: en prenant pour sa direction celle dans laquelle nous plaçons un objet terrestre, savoir le réticule de notre appareil, pour la dérober à nos yeux.

A parler exactement, ce n'est pas la ligne de visée que nous dirigeons de notre mieux sur l'étoile; mais nous cherchons à faire coïncider, à notre sens, la ligne qui joint l'œil au réticule avec la ligne qui joint l'œil à l'étoile; cette ligne tombe alors, avec la même restriction, d'elle même dans la direction exigée, si nous avons fini cette opération. Mieux encore, — et c'est ainsi qu'on devrait proprement s'exprimer, — nous plaçons notre appareil de façon que le réticule couvre l'étoile pour notre vue. Au premier abord, il semble que ce soit la même chose de parler de la coïncidence des deux directions ou du recouvrement des deux objets; mais, au fond, il peut arriver que les deux objets se recouvrent sans que les deux lignes de direction coïncident. Tout ce que l'observation nous permet de constater c'est le recouvrement des objets, d'où nous concluons à la coïncidence des directions; si le premier peut exister sans la seconde, notre conclusion est fausse et nous tombons dans l'erreur.

Cherche-t-on la condition pour le recouvrement mutuel de deux objets, on trouve que celle-ci n'est autre que la coïncidence des surfaces d'onde qui, de chacun de ces deux centres, atteignent simultanément l'œil; admettant, d'une manière générale, que la surface d'onde d'un des objets soit plane et celle de l'autre encore sphérique, — ou, d'une manière encore plus générale, qu'elles fassent partie, l'une et l'autre, de surfaces sphériques différentes, — on peut donc dire: *deux objets se recouvrent pour l'œil lorsque les deux surfaces d'onde qui atteignent simultanément l'œil se touchent au point d'entrée.*

Il ne saurait être question ici de perception directe de la direction dans laquelle la lumière se propage, ou de perception de la normale à la surface d'onde. Au contraire, lorsque, pour obtenir la coïncidence des surfaces d'onde, en d'autres termes celle des normales, on est obligé de placer la ligne qui joint l'œil au réticule dans une direction autre que celle des normales, on se voit entraîné dans l'erreur précisément au sujet de la position relative des objets. C'est ce dont la nature nous fournit un exemple frappant dans l'aberration de BRADLEY.

2. En consultant les écrits sur l'aberration [1]) auxquels nous avons fait allusion plus haut, on remarque que tous les auteurs ne sont pas tou-

---

[1]) *Voir:* les mémoires de M. M. KLINKERFUES dans les *Astron. Nachr.*, résumés postérieurement dans la brochure *Die Aberration der Fixsterne*, Leipzig, 1867; SOHNKE, *Astron. Nachr.*, n°. 1646; HOEK, *Astron. Nachr.*, n°. 1669.

jours restés, dans la discussion, rigoureusement fidèles à l'interprétation naturelle, telle que nous venons de l'exposer, de la détermination de la direction dans laquelle un objet est situé. Ce n'est qu'en partant d'une définition exacte et en s'attachant à présenter les explications d'une manière aussi complète que possible, qu'on parvient à élucider les questions soulevées.

3. Soit une étoile située dans la direction A S (Pl. II, fig. 3), et supposons que la terre se meuve suivant la direction A T perpendiculaire à la première; admettons en outre que le mouvement de la lumière soit tout à fait indépendant de celui de la terre. Une surface d'onde plane venue de l'étoile, et dont la normale est représentée par A S, atteint l'œil en A. Au moment où le réticule R passe par le point B, il émet une surface d'onde sphérique, qui doit parvenir à l'œil en même temps que la surface d'onde de l'étoile. L'onde plane doit être tangente à l'onde sphérique, c'est-à-dire que les normales aux deux surfaces doivent coïncider. Mais cela ne peut avoir lieu que si la ligne de visée est dirigée suivant la diagonale A U du parallélogramme construit sur les vitesses de la lumière et de la terre. Dans toute autre position de cette ligne, le réticule se trouverait à gauche ou à droite du point B à l'instant où passe en ce point la surface d'onde stellaire qui arrive à l'œil en même temps que la surface d'onde émanée de R; la première surface ne serait pas tangente à la seconde, les normales cesseraient de coïncider et nous ne verrions pas l'étoile recouverte par la croisée des fils. Telle est l'explication la plus simple du phénomène; mais elle exige, comme condition absolue, que les ondes lumineuses, aussi bien celles de l'étoile que celles du réticule, puissent parcourir le chemin BA d'une manière tout à fait indépendante du mouvement de la terre. Elle ne demande pas nécessairement que la lumière de l'étoile et celle du réticule se propagent avec la même vitesse; l'angle SAU est déterminé ici par la vitesse de la lumière du réticule, non par celle de la lumière de l'étoile. La lumière de l'étoile qui doit atteindre l'œil en même temps que celle du réticule peut, au moment où celui-ci passe par B, être déjà en avance ou encore en retard sur sa route vers B. Pour que ce qu'on appelle la constante de l'aberration, c'est-à-dire l'angle SAU, ait rigoureusement la valeur qu'on obtient par le calcul, en prenant pour base la vitesse assignée par Delambre à la propagation de la lumière dans l'espace céleste, il faut que la vitesse avec laquelle les ondes — c'est-à-dire celles du réticule — parcourent la distance BA *soit* exactement égale à celle donnée par Delambre; ou bien, il faut que tout ralentissement éprouvé par la lumière sur sa route BA soit con-

venablement compensé par un entraînement partiel des ondes dans la direction AT.

4. Ce qui en cela frappe tout d'abord, c'est la circonstance particulière que les normales des surfaces d'onde qui atteignent l'œil en A, — et il en est de même pour tous les objets que nous voyons autour de nous, — ne sont jamais dirigées précisément vers le point où l'objet terrestre se trouve véritablement; les normales sont dirigées suivant A S, tandis que le réticule est situé dans la direction AR. Si notre connaissance de la direction était réellement déterminée par la perception de la situation de la normale à la surface d'onde recueillie, il en résulterait donc, par suite du mouvement de la terre, que nous ne verrions aucun objet terrestre dans sa position naturelle, à l'exception seulement de ceux qui seraient situés en avant ou en arrière dans la direction même où la terre se meut, et que les corps célestes seraient observés à leur place véritable. Mais, ainsi que j'en ai fait l'observation en commençant, l'œil ne perçoit pas de direction: ce n'est qu'en tenant compte de la position de l'œil, de la tête et de tout le corps, que nous acquérons une notion grossière de la direction. Pour la déterminer plus exactement, l'emploi d'un instrument est nécessaire, et encore cette détermination n'est-elle jamais que relative. Or, dans cette détermination relative, ce sont précisément les objets terrestres qui ne peuvent donner lieu à aucune erreur: dans la fig. 3, la ligne de visée nous montre un point U, supposé non lié à R, bien réellement dans la direction où il se trouve à l'instant où sa lumière entre dans l'œil, et tous les objets terrestres situés plus loin sur la ligne AU ont traversé à leur tour la ligne AS et y ont émis, au moment convenable, des surfaces d'onde qui maintenant se rencontrent toutes en A, simultanément avec celle de R, et dont les normales coïncident exactement; tous ces objets se recouvrent donc mutuellement pour l'œil, bien entendu aussi longtemps que la vitesse de la lumière émise par eux, égale pour tous, est aussi égale à celle de la lumière qui émane du réticule. Qu'on fasse bien attention à ce qui découle de ces notions: deux objets terrestres, avec leurs surfaces d'onde sphériques, pourraient se recouvrir pour notre œil, les normales aux surfaces d'onde qui, de chacun d'eux, parviennent simultanément à l'œil pourraient coïncider, sans que ces objets fussent situés réellement, par rapport à l'œil, dans la même ligne de visée; il suffirait pour cela que les deux ondes se propageassent avec des vitesses différentes. Cette erreur serait proportionnelle à $V' - V$, différence des vitesses.

Outre la condition relative à la grandeur de la vitesse, il en est

encore une autre qui doit être remplie, savoir, que la lumière se propage en ligne droite depuis l'étoile jusqu'à la terre; en effet, chaque inflexion, chaque changement dans cette direction déplacerait l'étoile, et par conséquent tout changement de cette nature, provenant du mouvement de la terre, ferait varier l'aberration.

5. A l'époque où j'écrivais ma Dissertation l'attention des savants était tournée vers cette seconde condition, et cela même en ce sens, qu'on voulait faire participer au mouvement de la terre les ondes lumineuses avec tout l'éther qui nous entoure, tout en laissant intacte l'explication de l'aberration. Dans l'hypothèse de l'éther en repos, à laquelle se rapporte exclusivement l'explication qui précède, on tourne hardiment cette difficulté. Mais c'est maintenant la première condition qui a arrêté M. Klinkerfues.

Ce savant, restant fidèle à la manière ordinaire, suivie aussi par Gauss [1]) et par Fresnel [2]), de présenter l'explication de l'aberration, s'occupe spécialement de ce qui se passe dans une lunette; mais, en ne s'attachant qu'à la partie de la lunette située en avant du réticule, il procède un peu exclusivement; l'explication exige qu'on tienne compte de la lunette entière, et par conséquent aussi de la partie qui se trouve en arrière du réticule.

Je veux avoir considéré principalement sur son terrain propre, savoir sur celui de la réfraction, l'influence exercée par les lentilles, en particulier par l'objectif. Il y a alors, sous ce rapport, à rechercher si la réfraction par une lentille en mouvement donne lieu à quelque déplacement de l'image relativement au réticule, ou si la normale de la surface d'onde réfractée éprouve une déviation de la direction qu'elle prendrait dans le cas de l'immobilité de la lentille et de toute la lunette.

Dans le mémoire cité plus haut, Fresnel a traité le cas où le milieu réfringent, un prisme, se meut dans la direction du rayon lumineux, et, en s'appuyant sur son hypothèse connue, il a montré que dans ce cas la direction attribuée au rayon réfracté n'est pas modifiée par le fait du mouvement. Dans les circonstances où l'aberration atteint son maximum, la direction du mouvement est perpendiculaire à celle du rayon lumineux; mais il est facile de faire voir que, dans ce cas encore, la direction observée du rayon réfracté ne sera pas changée. Faisant usage de la construction de Huyghens pour les rayons réfractés, et considérant les

---

[1]) Gauss, *Theoria Motus*, art. 71, Hamburgi, 1809.

[2]) Fresnel, *Ann. de Chimie et de Phys.*, 2e Sér., T. IX, p. 65; 1818.

deux cas extrêmes, celui où les ondes resteraient absolument en repos pendant le mouvement du prisme, et celui où ces ondes seraient complétement entraînées par le prisme, on trouve que, dans l'un comme dans l'autre, la déviation mesurée du rayon réfracté demeurera toujours invariable, pourvu qu'on fasse convenablement attention à la différence entre l'aberration du rayon direct et celle du rayon réfracté.

6. J'ai taxé d'exclusivisme le mode d'explication dans lequel on ne tient compte que de la partie de la lunette comprise entre l'objectif et le réticule. Pour justifier cette assertion, je suis obligé d'abord de présenter quelques remarques critiques et de développer davantage l'interprétation que j'ai donnée du phénomène dans le paragraphe 3.

En posant, dans ma manière de présenter l'explication de l'aberration, la condition essentielle que deux objets ne peuvent se recouvrir et, par conséquent, être vus dans la même direction, que si les normales aux surfaces d'onde coïncident, j'avais en vue de faire voir nettement comment l'aberration devrait être expliquée, si l'on voulait déterminer la direction des étoiles au moyen d'une simple ligne de visée, consistant par exemple en une petite ouverture percée dans une plaque A et en un réticule R. Dans ce cas, il est évident que la grandeur de l'aberration est déterminée uniquement par la vitesse des ondes émanant du réticule et par la vitesse de la terre.

L'étoile, située à une distance infinie, nous envoie une onde plane d'une étendue infinie. La partie de cette onde qui passe par le réticule, à un instant donné, ne peut être tangente à l'onde sphérique partant simultanément du réticule et atteignant simultanément l'œil, que si la ligne de visée AR se trouve par rapport à AS dans la direction indiquée par la constante de l'aberration. Vu la circonstance que la surface d'onde de l'étoile est plane et d'une étendue infinie, il est même indifférent que la lumière de l'étoile et celle du réticule se propagent avec la même vitesse; l'angle de déviation est toujours déterminé par la vitesse de la lumière propre du réticule.

Vient-on maintenant, à un moment donné et à une certaine distance en avant du réticule, à intercepter en quelque sorte la partie de la surface d'onde plane qui seule parviendra au réticule et à l'œil, en la recueillant par exemple dans un tube, il faudra que ce tube prenne également la direction AR; à cette condition, l'ouverture U traversera la ligne AS, en D, juste à l'instant convenable pour livrer passage à l'onde qui, suivant le chemin DB, arrivera en B en même temps que le réticule; sous-entendu que les ondes de l'étoile et celles du réticule se propagent avec la même vitesse sur toute la longueur du

tube. Si l'ouverture était placée à droite ou à gauche de la ligne AΓ de la figure, aucune partie de la surface d'onde de l'étoile ne pourrait se trouver en B à l'instant où R passe par B.

Mais, dans l'hypothèse où la vitesse des ondes de l'étoile dans le tube serait différente de celle des ondes du réticule, il faudrait bien dûment écarter un peu l'ouverture du tube à droite ou à gauche du point U, pour que la partie de la surface d'onde qu'elle laisse passer au moment où elle traverse la ligne AS puisse encore atteindre l'œil en même temps que celle émise par le réticule au point B avant ou après le passage de cette partie par B. L'ouverture devrait être placée de telle sorte que, pour parcourir suivant AS la distance qui sépare ce point de croisement D du point A, les ondes de l'étoile employassent le même temps qu'exige l'œil pour se transporter jusqu'en A. Quant à la position relative du réticule et de l'œil, elle n'aurait, dans ce cas, aucune modification à subir.

Si l'on suppose l'ouverture U munie d'une lentille, ce qui transforme le tube en lunette, le centre de cette lentille doit être situé de même sur le prolongement de AR; c'est-à-dire que le centre de l'oculaire, le réticule et le centre de l'objectif doivent se trouver en ligne droite, lorsque la vitesse de la lumière de l'étoile dans le tube et celle de la lumière propre du réticule sont égales.

Dans l'explication qui a généralement cours au sujet de l'aberration considérée par rapport à une lunette, on ne retrouvera peut-être pas, de prime abord, la condition essentielle que j'ai assignée à la vision dans la même direction du réticule et de l'étoile, savoir, la tangence des surfaces d'onde qui, émanées de l'étoile et du réticule, atteignent l'œil simultanément. Pourtant — en admettant encore, pour plus de simplicité, l'égalité de vitesse de la lumière de l'étoile et de celle du réticule — il est facile de voir qu'en plaçant sous l'angle d'aberration la partie de la lunette comprise entre l'objectif et le réticule, afin d'amener, comme on dit, l'image de l'étoile sur les fils, on ne fait autre chose que réaliser la coïncidence des centres des deux systèmes d'ondes et assurer, par là même, la tangence en question. Il faut, toutefois, se garder ici d'un point de vue trop exclusif, et ne pas oublier qu'on ne saurait obtenir une coïncidence mathématique entre l'image et le réticule; dans l'exécution, l'image tombera constamment, de si peu que ce soit, en avant ou en arrière des fils. Cela ne tire pas à conséquence si on a soin que cette image tombe précisement sur la ligne A B ou sur son prolongement B S; dans ce cas justement, la vérité de ma manière d'exposition se montre dans tout son jour.

Mais, pour qu'on ne rencontre aucune difficulté, il faut nécessaire-

ment que la vitesse de propagation de la lumière de l'étoile, tant suivant DB que suivant BA, soit la même que celle de la lumière du réticule suivant BA. Si la vitesse n'est différente que le long de DB, la ligne DB doit être dirigée selon la diagonale construite sur cette vitesse modifiée et sur la vitesse de la terre. La lunette restant droite, et l'axe de l'oculaire tombant aussi, par conséquent, sur la nouvelle direction, le centre de l'oculaire pourrait encore, au moment où il passe par A, être atteint à la fois par de la lumière du réticule et par de la lumière de l'image de l'étoile, provenant toutes deux de quelque point situé à droite ou à gauche du point B. Mais la superposition des normales aux deux surfaces d'onde exige alors la coïncidence mathématique de ces deux centres de lumière; ce n'est qu'à cette condition que les normales peuvent se confondre; car la plus petite faute dans la coïncidence de l'image de l'étoile avec cette autre position du réticule dans l'espace produit déjà une déviation entre les droites qui unissent ces deux points au point A, contrairement à ce qui a lieu quand, les vitesses des deux lumières étant constamment égales, les deux surfaces d'onde perçues se propagent suivant la direction D A. Dans le prolongement de la droite qui unit A à cette nouvelle position du réticule on ne trouvera alors pas d'image de l'étoile, dont la lumière puisse arriver *simultanément* en A avec celle du réticule. On pourrait encore en appeler à quelque autre position antérieure ou postérieure du réticule; je veux admettre pour un instant qu'on pût se tirer d'affaire en sacrifiant *la simultanéité* d'entrée des deux lumières dans l'œil; mais ce défaut même permet qu'en attendant l'oculaire se déplace. La considération de l'opacité des parois du tube suffit pour mettre fin à cette discussion. — Mais, comme on ne peut jamais garantir la coïncidence exacte du réticule et de l'image de l'étoile, il me semble plus rationnel de supposer que la partie AR de la lunette a plutôt sa direction propre: c'est-à-dire de supposer que la lunette, ou plutôt son axe, devra être brisé aux environs de R, le foyer de l'objectif restant sur la direction AD.

Si la vitesse de la lumière de l'étoile diffère, sur toute la longueur DA, de celle de la lumière du réticule, il faut, — pour qu'une surface d'onde de l'étoile et une autre du réticule puissent parvenir à l'œil simultanément et être tangentes — non-seulement que le réticule soit placé en dehors de la ligne qui joint le centre de l'objectif à celui de l'oculaire, mais encore qu'il soit éloigné expressément, en avant ou en arrière, du foyer de l'objectif, ou plutôt de l'image de l'étoile. Dans la nature, toutefois, ce cas ne paraît pas se présenter d'une manière appréciable.

L'expérience de M. Klinkerfues, telle qu'il l'a instituée, laisse bien

des doutes et n'atteint pas le but, à mon avis. En remplaçant l'air par de la térébenthine, il s'est contenté de remplir de liquide un tube installé dans la partie UR de la lunette. Si nous supposons la lumière de l'étoile et celle du réticule se mouvant avec des vitesses égales pour la partie restante de la lunette, et *si nous admettions un instant*, *avec* M. Klinkerfues, *que le lieu de l'image dans ce cas ne soit pas influencé par le mouvement de la terre*, la ligne joignant le centre de l'oculaire au réticule devrait avoir une position différente de celle de l'axe de l'objectif, à moins qu'on ne parvienne à faire coïncider l'image et le réticule avec une précision mathématique, ce que l'interposition de la térébenthine doit elle-même rendre nécessairement impossible, à cause des changements de température. Nous tomberions ainsi dans la nécessité d'admettre un défaut de coïncidence entre l'axe de l'objectif et la ligne de visée de l'oculaire; si cette dernière droite, prise pour axe de collimation, n'était pas changée, la position attribuée à l'étoile ne serait pas non plus influencée, malgré l'introduction de la térébenthine. —

Outre ces remarques sur la valeur de l'expérience en partant de la supposition de M. Klinkerfues, je n'admets pas cette supposition elle-même, comme on le verra tout à l'heure. Je n'ai pas à rechercher, pour le moment, ce qui a pu donner lieu au résultat que M. Klinkerfues rapporte à la page 61 de son mémoire; il me manque d'ailleurs pour cela une connaissance suffisante des circonstances de l'expérience et de l'exactitude du parallélisme des deux glaces obturatrices du tube. Je ferai remarquer seulement qu'il se pourrait que les verres obturateurs eûssent formé des prismes de petit angle, compensés par une forme prismatique de la masse liquide interposée, ou que le tube eût occupé par rapport à l'axe de l'oculaire une position un peu inclinée, compensée par un déplacement latéral de l'objectif; dans ces cas, l'effet de cette forme prismatique ou de cette position inclinée, c'est-à-dire la réfraction, aurait bien été éliminé, mais pour la différence des observations de midi et de minuit, il n'en aurait pas été de même de la variation que cette réfraction éprouvait d'une observation à l'autre. Entre ces deux instants, la température de l'atmosphère peut bien changer de 15° C, et la différence des températures du liquide peut avoir été encore plus forte, surtout parce que, au premier des deux instants, il était exposé à la lumière solaire directe. La variation de l'indice de réfraction de la térébenthine, indice qui à 20°,4 C est 1,47212 pour la raie D, ne s'élève pas à moins de 0,00526 pour 10° C. Cet effet ne paraît pas avoir été éliminé; du moins, il ne résulte pas du texte de M. Klinkerfues que l'azimut ait

été vérifié aux deux instants, immédiatement avant ou après l'observation. — Si l'on se bornait à introduire le milieu plus réfringent dans la partie AR de la lunette, AR devrait naturellement prendre une inclinaison plus forte que RU dans la supposition de M. KLINKERFUES.

Les objections qui viennent d'être présentées nous dispensent, à elles seules, de discuter ici les remarques ultérieures de M. KLINKERFUES relativement à l'influence des objectifs sur la constante de l'aberration. Pour finir: son hypothèse fût-elle vraie, il est probable que dans son expérience l'axe de l'objectif n'aurait pu coïncider constamment et exactement avec l'axe de l'oculaire; ce qui aurait jeté de l'incertitude sur son résultat.

Si l'on voulait répéter l'expérience, il faudrait que le fluide plus réfringent s'étendît sur toute la longueur du tube, depuis l'objectif jusqu'à l'oculaire, en passant par conséquent sur le réticule; il faudrait en outre contrôler l'influence que peuvent avoir les changements de température de ce milieu réfringent.

7. Attachons-nous, dans ce qui va suivre, à l'hypothèse que la lumière de l'étoile, au moins dans le voisinage de la terre, possède la même vitesse dans l'air que la lumière du réticule.

De l'étoile infiniment éloignée nous arrive une onde plane, et nous admettons que cette onde s'est propagée dans l'espace céleste constamment suivant la direction de sa normale et parallèlement à elle-même. Peu importe qu'elle traverse en certains points des milieux plus réfringents; sa position et la direction de son mouvement dans l'espace ne s'en trouveront pas altérées, pourvu que ces milieux soient limités par des surfaces parallèles.

Une petite portion circonscrite de cette onde plane infinie pénètre à travers l'objectif dans la lunette, et reparaît derrière l'objectif sous forme d'onde courbe, sphérique, ayant son centre au foyer principal de la lentille. A mesure qu'elle avance, cette onde prend une courbure de plus en plus forte, son rayon continuant à être donné par sa distance au foyer; en même temps elle se resserre toujours davantage et augmente progressivement l'intensité ou plutôt l'amplitude de ses vibrations, parce qu'elle demeure constamment limitée par la surface conique qui a le foyer pour sommet et l'objectif pour base. Arrivée au foyer, l'onde s'y concentre en un point unique. Mais, immédiatement après, elle s'étale de nouveau, vers l'oculaire, en surface sphérique, limitée maintenant par la seconde nappe du cône indéfini et ayant toujours son centre au foyer principal de l'objectif. Finalement, l'onde traverse l'oculaire, et reprend en sortant de la lunette une surface à peu près plane.

8. L'axe de la surface conique se confond avec la ligne qui joint le

centre de l'objectif à l'étoile, ou plutôt avec la normale à la surface d'onde à l'extérieur de la lunette; si l'éther compris dans la lunette et, par suite, la portion d'onde qui s'y trouve confinée participaient, en tout ou en partie, au mouvement de translation de la lunette, la normale en question se déplacerait également, toujours en restant parallèle à elle-même.

Il s'agit maintenant de faire tomber l'image de l'étoile sur le réticule, afin que la normale à l'onde, à l'instant quelle est recueillie par l'œil, coïncide avec la normale à l'onde concomitante du réticule. La rotation que la lunette doit subir à cet effet étant d'environ 20″, l'image, pour un objectif d'un mètre de distance focale par exemple, devra se déplacer d'un dixième de millimètre.

Pour donner à l'image ce petit déplacement linéaire, d'où résultera la coïncidence des centres et par conséquent des normales des deux surfaces d'onde de l'image de l'étoile et du réticule, il faut donc imprimer à l'axe de l'objectif le déplacement angulaire en question. Et pour qu'ensuite ces deux ondes coïncidentes, au moment où elles vont quitter la lunette, trouvent toujours devant elles le centre de l'oculaire pour leur livrer passage, il est nécessaire de donner cette même déflexion à l'axe de l'oculaire, de le placer dans le prolongement de l'axe de l'objectif, en d'autres termes, de collimer ces deux axes.

9. Fresnel (*l. c.*, p. 72) et dernièrement encore M. Hoek ont fait observer que la difficulté soulevée par M. Klinkerfues perd tout son poids quand on admet que la terre entraîne, dans son mouvement, la fraction de l'éther du milieu plus réfringent exprimée par $\frac{n^2-1}{n^2}$ (où n est l'indice de réfraction de ce milieu), c'est-à-dire la portion qui constitue l'excès de la densité de cet éther sur celle de l'éther de l'air ou plutôt du vide. Dans cette hypothèse, la vitesse du centre de gravité de la quantité totale d'éther existant dans le milieu réfringent, vitesse que nous avons à regarder comme identique avec la vitesse de translation de cette quantité totale, sera $\frac{n^2-1}{n^2}v$; la vitesse des ondes dans ce même milieu est $V^1 = \frac{V}{n}$; représentant par v la vitesse de la terre et par V la vitesse de la lumière dans le vide. La constante de l'aberration dans le milieu considéré, au lieu de

$$\frac{v}{V_1}, \text{ deviendra } \frac{v - \frac{n^2-1}{n^2}v}{\frac{V}{n}} = \frac{n^2 v - n^2 v - v}{n V} = \frac{v}{n V}$$

I.

P.	Q.	ε. I.	ε. II.	Δ ε.	$a \times b \times$T.
f^3	12" 30	,99797	−0,99660	−0,00137	−1034
b^2	11 54	,99944	0,99923	0,00021	1760
d^3	1 12	,99778	0,99581	0,00197	729
a^3	2 3	,99970	0,99815	0,00155	718
f^4	1 56	,99660	0,99650	0,00010	666
a^4	3 31	,99815	0,99774	0,00041	318
b^3	1 58	,99923	0,99957	+0,00034	879
f^5	3 23	,99650	0,99699	0,00049	445
d^4	2 53	,99581	0,99970	0,00389	569
k^1	10 10	,99999	+0,99998	0,00003	+ 27
e^1	9 7	,00000	0,99980	0,00020	651
k^2	11 20	,99998	0,99965	0,00033	567
g^1	8 12	,99999	0,99949	0,00050	1157
c^1	9 32	,99999	0,99961	0,00040	682
e^2	10 18	,99980	0,99883	0,00097	1596
k^3	12 46	,99965	0,99856	0,00109	1058
g^2	9 36	,99949	0,99857	0,00092	841
e^3	11 50	,99883	0,99831	0,00052	950
c^2	12 8	,99961	0,99778	0,00183	1652
g^3	11 15	,99857	0,99545	0,00312	1583

et cette expression, multipliée par l'indice de réfraction n, pour trouver l'angle extérieur dans le vide ou, si l'on veut, dans l'air, reproduit $\frac{v}{V}$, c'est-à-dire la valeur ordinaire.

C'est ce qui constitue la compensation que j'avais en vue à la fin du paragraphe 3. On voit donc que l'hypothèse de FRESNEL donne précisément ce que je demandais.

M. KLINKERFUES, page 42 de son mémoire, élève des objections contre l'idée que les ondulations participeraient à ce mouvement de translation de l'éther. Pour l'éther, il veut bien encore concéder qu'il soit emporté avec la terre, soit en partie, conformément à l'hypothèse de FRESNEL, soit dans toute sa masse; mais pour les rayons lumineux, évidemment il ne veut plus l'admettre. En réponse à son assertion, que ces rayons poursuivent leur chemin propre et vont, par suite, se réunir en leur point d'intersection ordinaire, sans être influencés en rien par le mouvement de translation, je ferai simplement remarquer: que pourtant les particules d'éther de ce milieu plus réfringent, pendant tout le temps qu'elles portent les vibrations, prennent bien réellement part à la translation; que les particules qui, à un moment donné, transmettent les vibrations, aussi bien que celles qui les reçoivent sont animées de cette translation; et, enfin, qu'au point d'intersection des rayons, là où toutes les vibrations qui ont traversé l'objectif à un même instant se concentrent en quelque sorte, les particules d'éther n'échappent pas non plus au mouvement de transport. Si les vibrations et leur point de concours demeurent fixes, en dépit de ce que les particules qui leur servent de support sont emportées, quelle est donc la cause puissante qui leur assure cette stabilité? Dans les pages 39 à 42 de son mémoire, M. KLINKERFUES paraît supposer qu'ordinairement on attribue à l'entraînement de l'éther un changement de la direction du rayon lumineux, même alors que la direction du mouvement de l'éther est perpendiculaire à celle de la lumière. On ne trouvera, je pense, rien de pareil dans l'explication de l'aberration, conformément à la théorie des ondulations, que je viens de reproduire pour le cas où le chemin entre l'objectif et le réticule, ou entre l'objectif et l'œil, est occupé par un milieu doué d'un pouvoir réfringent plus considérable. FRESNEL lui-même n'aurait jamais avancé que la direction du rayon éprouve dans ce cas une modification, en prenant pour cette direction, bien entendu, la normale à la surface d'onde. M. KLINKERFUES ne fait pas attention que c'est uniquement la partie limitée d'onde, ayant traversé l'objectif au moment opportun, qui peut aller former l'image sur le réticule:

c'est — pour rester dans le cas ordinaire, sans milieu réfringent, — la partie qui, partant de D et s'avançant suivant la ligne SA, met, à parcourir la distance DB, le même temps que le réticule emploie pour parcourir un chemin DU, pris de la gauche de la ligne SA vers cette ligne. Cette partie de l'onde, qui est admise dans la lunette et à laquelle incombe la formation de l'image sur le réticule au moment précis, cette partie de l'onde — je le répète — participe, pour le milieu plus dense, au mouvement de translation de l'éther contenu dans le tube, et *la normale à cette partie est donc entraînée avec l'éther en restant parallèle à elle-même, autrement dit, en conservant une direction invariable* L'entraînement partiel compense exactement, comme je l'ai montré plus haut, la diminution de vitesse de la lumière dans le milieu plus dense. Ainsi le veut FRESNEL : rien de plus, mais aussi, rien de moins.

La partie limitée de la surface d'onde, les vibrations, et l'image sont bien dûment entraînés du moment qu'ils passent dans l'éther en mouvement; et aux surfaces de séparation entre les milieux de réfrangibilité différente, là où existent proprement les difficultés, on a bien réellement à tenir compte de l'influence de la translation sur la direction de cette surface d'onde et de sa normale, comme je vais encore en donner un exemple.

La faute capitale de M. KLINKERFUES, faute qui reparaît à la base de tous ses raisonnements, c'est en dernière instance de perdre de vue que chaque onde, ou plutôt chaque partie de la surface d'onde infinie, du moment qu'elle est admise dans le prisme, l'objectif, le milieu plus réfringent ou la lunette, est isolée du reste de cette surface, et qu'à partir de ce moment elle ne subsiste et ne se propage que par elle-même, sans aucun secours ultérieur du dehors. Derrière cette partie, pénètrent incessamment de nouvelles parties appartenant aux ondes suivantes. Aussitôt qu'une de ces surfaces d'onde est passée dans la portion limitée d'éther, elle participe à tous les mouvements de translation éventuels de cet éther dans lequel elle réside. La propagation de cette surface d'onde ainsi recueillie se fait d'après la loi des ondulations élémentaires de HUYGHENS. Qu'on abandonne dans cette discussion la notion complexe de M. KLINKERFUES de *rayons admis* dans la lunette, et qu'on s'attache à la notion simple d'une *partie limitée de chaque surface d'onde infiniment mince admise* à un instant donné — notion que je propose partout — et toutes les difficultés trouvées par M. KLINKERFUES vont disparaître.

10. Soit B A H (Pl. II, fig. 4) la section d'un prisme de verre, dont nous désignerons l'angle réfringent B A H par A. Supposons que la ligne A B coïncide avec la direction du mouvement de la terre de B vers A,

et que le rayon lumineux C E, provenant d'une étoile, tombe perpendiculairement sur la face A B du prisme. Admettons que l'éther demeure invariablement en place, malgré le mouvement de la terre, et que, par conséquent, la surface d'onde soit tout à fait indépendante de ce mouvement; voyons quelle sera alors l'influence du mouvement du prisme sur la direction du rayon réfracté. Si le prisme était en repos, l'angle d'incidence serait $d\,c$ E, égal à l'angle réfringent, c'est-à-dire à A; désignons par O l'angle que le rayon émergent fait avec la normale, et par n l'indice de réfraction du verre. D c étant le rayon émergent, et $c\,k$ une parallèle à A B, on a: angle $D\,c\,e = O$, $\sin. O = n \sin. A$, et pour la tangente de l'angle U que le rayon émergent fait avec la ligne A B:

$$tg.\,U = tg.\,k\,c\,D = cotg.\,(O - A) = \frac{tg.\,A + \sqrt{\dfrac{1 - n^2 \sin.^2 A}{n^2 \sin.^2 A}}}{1 - tg.\,A \sqrt{\dfrac{1 - n^2 \sin.^2 A}{n^2 \sin.^2 A}}}$$

Supposons maintenant que le prisme se meuve; ce mouvement n'aura aucune influence sur la direction de E f qui pénètre par A B, puisque A B est perpendiculaire à C E. L'onde étant arrivée en $f\,c$, une vibration élémentaire passera, au point c, dans l'air ou plutôt dans le vide; soit $c\,f = p$; pendant que la vibration de f parcourt le chemin $f\,a = p.\,tg.\,A$ qui lui reste encore à faire dans le verre, le prisme avance de la quantité A p. Si v est la vitesse de la terre et $\frac{V}{n}$ la vitesse de la lumière dans le verre, on a la longueur $A\,p = \frac{nv}{V}\,p\,\text{tg.}\,A$; le point m vient alors se placer en b, de manière qu'on ait $m\,b = A\,p$. Par suite, la vibration partie de f a encore à parcourir le chemin $a\,b$ dans le verre, avant qu'elle puisse, à son tour, produire une vibration dans l'air. Si $\frac{v}{V}$ est une grandeur du premier ordre, la valeur de $a\,b$, en négligeant les grandeurs du second ordre, est égale à $\frac{p\,n\,v}{V}\,tg.^2 A$; par conséquent,

$$f\,b = p\,tg.\,A + \frac{p\,n\,v}{V}\,tg.^2 A;\quad tg.\,f\,c\,b = \frac{p\,tg.\,A + \dfrac{p\,n\,v\,tg.^2 A}{V}}{p}$$

$$= tg.\,A + \frac{n\,v\,tg.^2 A}{V}.$$ On peut maintenant regarder $b\,c$ comme nouvelle surface de séparation entre le verre et l'air. Appliquons la construction de HUYGHENS; $f\,c\,b$ est alors le nouvel angle d'incidence interne, que nous nommerons L, et D′ $c\,e$ l'angle externe correspondant,

que nous représenterons par M. On a $sin.\,M = n\,sin.\,L$ et $tg.\,L = tg.\,A + \frac{n\,v\,tg.^2\,A}{V}$; désignons l'angle $k\,c\,D' = L + 90° - M$ par V; on trouve alors, après quelques reductions, en négligeant de nouveau les grandeurs du second ordre : $tg.\,V = tg.\,U - \frac{v}{V}\frac{tg.\,O}{sin.(O-A)}$, par conséquent:

$$\delta\,tg.\,U = -\frac{v}{V}\frac{tg.\,O}{sin.\,(O-A)}$$

et :

$$\delta\,U = cos.^2(90° - O + A)\,\delta\,tg.\,U = sin.^2\,(O - A)\,\delta\,tg.\,U =$$
$$= -\frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O - A).$$

Mais, lorsque nous cherchons à placer la face B A, en mouvement avec la terre, perpendiculairement à la direction E l dans laquelle l'étoile est proprement située, nous la plaçons en réalité perpendiculairement à la direction E C, qui s'écarte de la première de l'angle $\frac{v}{V}$, c'est-à-dire de la constante de l'aberration; cela donne, en négligeant encore des quantités du second ordre, pour l'angle $k\,c$ D, la correction $\frac{v}{V}.\frac{cos.\,A}{cos.\,O}$. Quand nous cherchons à déterminer à l'aide d'un instrument la direction du rayon réfracté c D — qui fait l'angle O—A avec la normale C E à la direction du mouvement — cet angle éprouve, toujours en omettant les grandeurs d'ordre supérieur, l'aberration $-\frac{v}{V}\,cos.\,(O - A)$.

Ajoutant maintenant

effet de l'aberration de C E + effet de l'aberration de c D

+ influence exercée par le mouvement sur la réfraction,

nous obtenons:

$$\frac{v}{V}\frac{cos.\,A}{cos.\,O} - \frac{v}{V}\,cos.\,(O - A) - \frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O - A)$$

$$= \frac{v}{V\,cos.\,O}(cos.A - cos.^2O\,cos.A - cos.O\,sin.\,A\,sin.O) - \frac{v}{V}tg.\,O\,sin.\,(O-A)$$

$$= \frac{v}{V\,cos.\,O}[cos.\,A\,(1 - cos.^2\,O) - cos.\,O\,sin.\,A\,sin.O] - \frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O-A)$$

$$= \frac{v}{V\,cos.\,O}\,(cos.\,A\,sin.^2\,O - cos.\,O\,sin.\,A\,sin.\,O) - \frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O-A)$$

$$= \frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O-A) - \frac{v}{V}\,tg.\,O\,sin.\,(O - A) = 0. \qquad \text{(I)}$$

c'est-à-dire que le mouvement du prisme n'a pas d'influence sur la déviation mesurée du rayon réfracté.

Prenons maintenant l'autre cas extrême: supposons que la surface d'onde, aussi longtemps qu'elle reste dans le prisme, soit entraînée dans le mouvement. La vibration élémentaire c (fig. 5) a émis une vibration élémentaire dans l'air ou plutôt dans le vide; l'autre vibration élémentaire, excitée en f, a encore à parcourir le chemin fa dans le verre, et pendant ce temps le prisme, avec les vibrations qui se propagent dans son intérieur, avance de la quantité Ap. Le point a vient par suite se placer en b, et là la vibration élémentaire f sort du prisme ou, en d'autres termes, excite une vibration élémentaire dans l'air. On a donc maintenant à considérer cb comme nouvelle surface de séparation entre le verre et l'air. $\mathrm{A}p = ab = fn$ est, à des grandeurs du second ordre près, égal à $\frac{pnv}{V}\, tg.\, \mathrm{A}$; par conséquent, $nc = p - \frac{pnv}{V}\, tg.\, \mathrm{A}$; $nb = p\, tg.\, \mathrm{A}$; donc, $tg.\, ncb = tg.\, \mathrm{L}' = \dfrac{tg.\, \mathrm{A}}{1 - \frac{nv}{V}\, tg.\, \mathrm{A}}$; $sin.\, \mathrm{M}' = sin.\, ec\mathrm{D}' = n\, sin.\, \mathrm{L}'$. En continuant à négliger les quantités d'ordre supérieur, on trouve après les réductions:

$$tg.\, fc\, \mathrm{D}' = tg.\, V' = tg.\, \mathrm{U} - \frac{v}{V}\frac{tg.\, \mathrm{O}}{sin.\, (\mathrm{O}-\mathrm{A})},$$

et par conséquent de nouveau: $\delta\, \mathrm{U} = -\frac{v}{V}\, tg.\, \mathrm{O}\, sin.\, (\mathrm{O} - \mathrm{A})$.

Ajoutant de nouveau l'effet de l'aberration sur E C, et celui sur c D et δ U, on trouve pour l'effet total exercé sur la déviation du rayon réfracté:

$$\frac{v}{V}\frac{cos.\mathrm{A}}{cos.\mathrm{O}} - \frac{v}{V}\, cos.\, (\mathrm{O} - \mathrm{A}) - \frac{v}{V}\, tg.\, \mathrm{O}\, sin.\, (\mathrm{O} - \mathrm{A}) = 0; \; \ldots\ldots \quad \text{(II)}$$

de sorte que dans ce cas extrême, tout comme dans le premier, l'influence du mouvement sur la déviation mesurée est nulle.

Il s'agit ici du mouvement perpendiculaire à la direction du rayon lumineux. Fresnel a traité dans sa lettre l'autre cas, celui où la terre se meut dans la même direction que la lumière, et, en s'appuyant sur l'hypothèse rappelée plus haut, il a ramené à zéro l'effet d'un pareil mouvement sur la déviation observée. En admettant l'hypothèse de Fresnel, on voit donc qu'en définitive, quelle que soit l'orientation du rayon lumineux par rapport à la direction dans laquelle s'avance la terre, ce mouvement reste sans influence sur la déviation mesurée du rayon réfracté.

Si, dans les figures 4 et 5, nous supposons le prisme placé de telle façon que le rayon subisse le minimum de déviation, c'est-à-dire que

C E et D c fassent des angles égaux avec les faces qui limitent le prisme, la direction du rayon intérieur demeure perpendiculaire à la direction du mouvement de la terre; l'influence exercée sur la déviation à l'entrée et celle éprouvée à la sortie sont de signe opposé.

En s'aidant de la construction de HUYGHENS, on montre facilement que dans la réflexion le mouvement du miroir est également sans effet sur la déviation mesurée, parce que l'aberration du rayon stellaire incident est égale à celle que subit le rayon réfléchi, augmentée de l'influence exercée par le déplacement du miroir sur la position des ondes réfléchies.

11. La théorie de M. KLINKERFUES étant reconnue insuffisante pour rendre compte de la différence entre la constante de l'aberration de DELAMBRE et celle de STRUVE, le fait de cette différence demeure inexpliqué; car l'interprétation de M. HOEK a perdu également sa signification, depuis que M. KLINKERFUES a fait observer [1]) que DELAMBRE, pour déterminer la vitesse de la lumière, a sans doute employé aussi bien des émersions que des immersions du satellite de Jupiter dans le cône d'ombre de la planète.

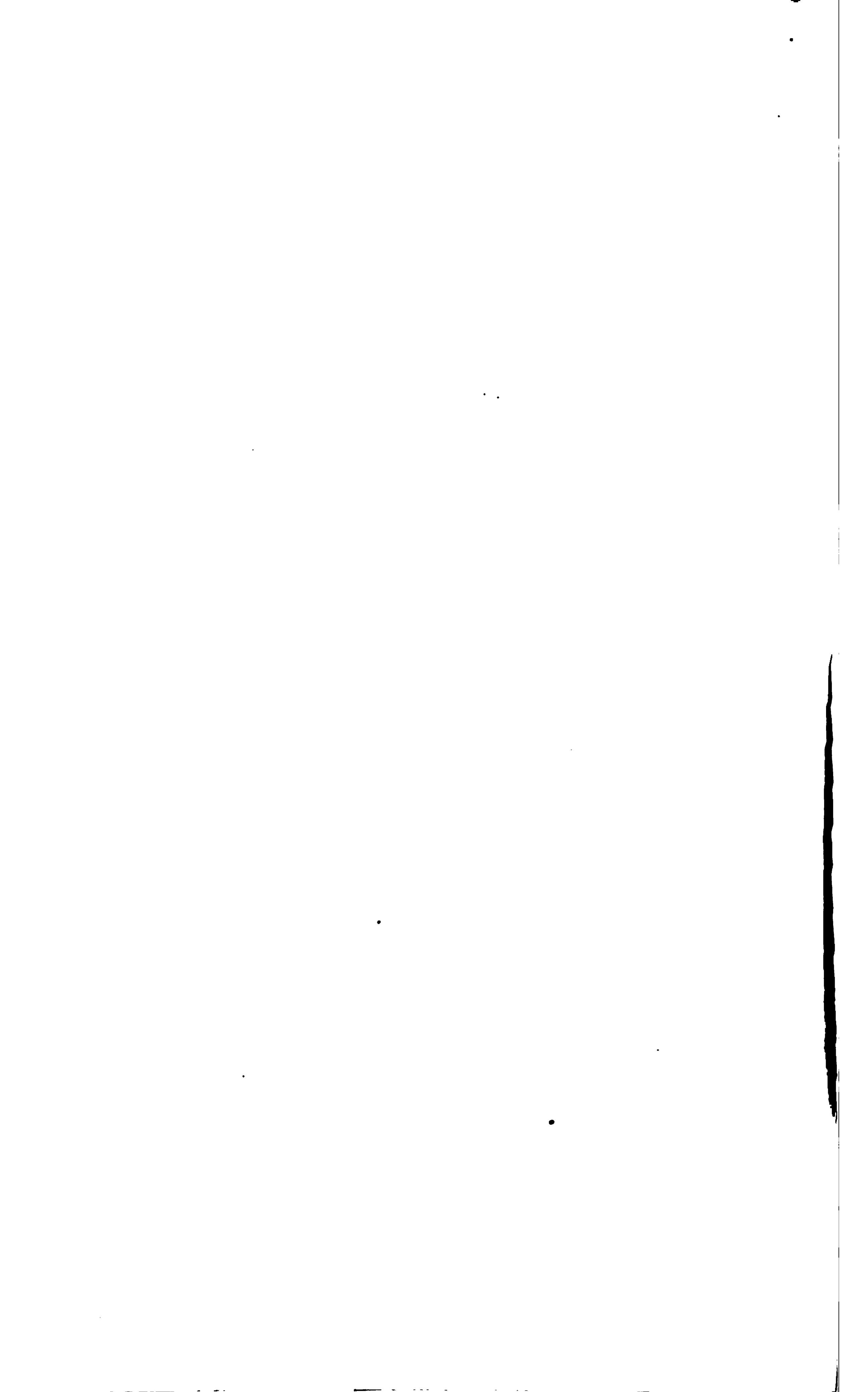
Figurons-nous un instant, pour simplifier, une lentille comme composée de deux prismes accolés par la face opposée à l'angle réfringent. Si nous employons cet assemblage pour former une image, ou, plus simplement encore, si nous considérons la position du point où se croisent les rayons réfractés par le prisme de droite et par le prisme de gauche, nous reconnaissons que pour ces rayons le troisième terme des formules I et II n'est pas compensé. Ce défaut, à l'égard d'une lentille objective, est plus grand pour les rayons des bords que pour les rayons plus près du centre. Pour présenter les choses d'une autre manière: l'aberration qui doit entrer comme second terme dans ces formules est proprement l'aberration pour les rayons centraux; pour les rayons du bord l'aberration doit être prise avec une valeur un peu plus petite, et il en résulte que l'image formée par ces rayons marginaux reste un peu en arrière de l'image produite par les rayons centraux. Bien que cet écart entre les deux images soit probablement trop faible pour pouvoir être observé, sa réalité me paraît incontestable. Il y a d'ailleurs encore à tenir compte de quelque défaut de collimation entre l'axe de l'objectif et celui de l'oculaire. Lorsque, au sortir de l'oculaire, les rayons ne sont pas parfaitement parallèles, il peut en résulter un écart de même nature. Je ne veux pas entrer plus avant dans cette discussion, bien que j'eusse espéré un instant trouver dans des considérations de ce genre l'explication de la divergence qui existe entre

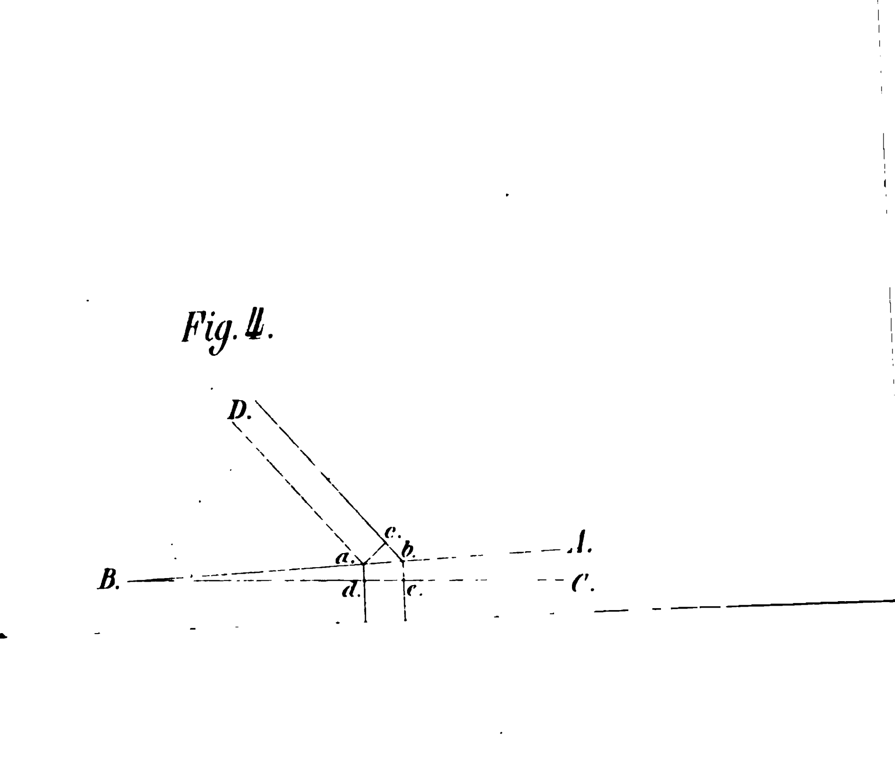
[1]) *Astron. Nachr.* n°. 1671.

Delambre et Struve; à vrai dire, on ne serait conduit ainsi qu'à une valeur beaucoup trop faible de la correction; d'ailleurs, les rayons du centre ont toujours une grande prépondérance sur les rayons du bord.

En terminant je conseillerai aux astronomes de s'en tenir à la constante de Struve. Ainsi que M. Daguin le fait observer aussi dans son Traité de Physique: rien ne prouve que la vitesse de la lumière ait, au voisinage de la terre, la même valeur que dans le vide de l'espace céleste. Le pouvoir réfringent de l'air ne nous est ici d'aucun secours, car il n'explique qu'un écart de *un millième* de la valeur en question, tandis qu'il s'agit d'une différence de *un centième*. Mais, aussi longtemps que nous n'avons pas des idées plus claires sur la nature de l'éther ou de la matière, quelle qu'elle soit, qui propage les vibrations lumineuses, il serait téméraire d'admettre, sans raison aucune, que la densité de cet éther ne puisse croître, en même temps que la pesanteur, à mesure qu'il se rapproche d'un des globes célestes.

HARLEM, 7 Novembre 1868.




Fig. 4.
D.
e.
a.
b.
A.
B.
d.
c.
C.

CATALOGUE SYSTÉMATIQUE

DE LA

COLLECTION PALÉONTOLOGIQUE

PAR

T. C. WINKLER

Docteur ès Sciences ; Membre de la Société Hollandaise des Sciences à Harlem ; de la Société Provinciale des Arts et des Sciences à Utrecht ; Membre correspondant honoraire de la Société des Naturalistes à Emden ; Membre de la Société Batave de Philosophie expérimentale à Rotterdam, Conservateur au musée Teyler.

Premier Suplément

PÉRIODE PALÉOZOÏQUE.

Plantes vasculaires.

MONOCOTYLÉDONES.

ÉQUISÉTACÉES.

No. 12478. **Bythotrophis rhenanus** GOEPP.?
du terrain dévonien de Bundenbach...... .... V. 14.

Zoophytes ou Rayonnés.

POLYPES.

CYATHOPHYLLIDES.

No. 12780. **Cyathophyllum ananas** GOLDF.
Voyez pag. 22 [1]).
du dévonien... .... T. 23*d*.
" 12781. **Id.**? .... " 23*d*.
" 12782. **Id.** de Wieringen...... .... " 23*d*.

No. 12515. **Cyathophyllum primaevum** STEIN.
Turbinolopsis elongata PHILL.
Petraia elongata MORRS.
Voyez :
PHILLIPS, *Palaeoz.*, p. 6, pl. II, fig. 6*b*.
ROEMER, *Harzgeb.*, p. 3, pl. II, fig. 1, 2.
du terrain dévonien de Bundenbach.. .. .. V. 14.

1) Les pages citées dans les Suppléments du Catalogue systématique de la collection paléontologique, qui paraîtront successivement dans les Archives du musée Teyler, sont celles du Catalogue sus-mentionné. Ces suppléments, formant un ensemble spécial dans les Archives, auront une pagination différente du reste de cet ouvrage.

No. 12783. **Cyathophyllum** *sp.* .... T. 23*d*
" 12784. **Id.** de Visé .... " 23*d*.
" 12785. **Id.** de Tournay .... " 23*d*.

FAVOSITIDES.

No. 12786 **Syringopora** *sp.* .... T. 23*d*.

ÉCHINODERMES.

CYATHOCRINIDES.

No. 12509. **Cyathocrinus gracilior** Roem.

Voyez :

Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 149, pl. XXIX, fig. 1.

de Bundenbach .... V. 14.

Échantillon original.

No. 12510. **Poteriocrinus nanus** Roem.

Voyez :

Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 150, pl. XXIX, fig. 2.

de l'ardoise de Bundenbach .... V. 14.

Échantillon original.

No. 12776. **Poteriocrinus** *sp.*? de Namur .... T. 23*d*.
" 12777. **Id.**? Ib. .... " 23*d*.
" 12778. **Id.**? .... " 23*d*.
" 12779. **Id.**? .... " 23*d*.

ASTÉRIDES.

No. 12504. **Aspidosoma Tischbeinianum** Roem.

Voyez :

Ferd. Roemer < *Palaeontograph*, T. IX, p. 144, pl. XXIII, XXV, fig. 11.

de l'ardoise de Bundenbach . . . . V. 14.
„ 12505. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12506. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12507. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12508. **Id.** Ib. . . . . „ 14.

No. 12501. **Aspidosoma Arnoldi** Goldf.

Voyez :

Goldfuss < *Verh. Rhein. Preuss. Ver.* 1848, T. V, p. 145, pl. V.
Bronn, *Jahrb.* 1851, p. 380.
Zeiler et Wirtgen < *Verh. Ver. d. Preuss. Rheinl. und Westphal.* 1855, T. XII, p. 1—28, 78—85, pl. I—XII.
Bronn, *Jahrb.* 1856, p. 233.
Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 145.

du terrain dévonien inférieur de Winningen. . . . . . . V. 14.
„ 12502. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12503. **Id.** de Singhofen, Nassau. . . . . „ 14.

No. 12479. **Asterias asperula** Roem.

Voyez :

Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 146, pl. XXIV, fig. 1—5; pl XXVI, fig. 6; pl. XXVII, fig. 1.

du terrain dévonien de Bundenbach. . . . . V. 14.
„ 12480. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12481. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12482. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12483. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12484. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12485. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12486. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12487. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12488. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12489. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12490. **Id.** Ib. . . . . „ 14.
„ 12491. **Id.** Ib. . . . . „ 14.

No. 12492. **Asterias asperula** Roem.
du terrain dévonien de Bundenbach . . . . V. 14.
» 12493. **Id.** Ib. . . . . » 14.
» 12494. **Id.** Ib. . . . . » 14.
» 12495. **Id.** Ib. . . . . » 14.
» 12496. **Id.** Ib. . . . . » 14.

No. 12497. **Asterias spinosissima** Roem.
Voyez :
Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 147, pl. XXIX, fig. 4.
du terrain dévonien de Bundenbach . . . . V. 14.
» 12498. **Id.** Ib. . . . . » 14.
Échantillon original.

No. 12499. **Helianthaster rhenanus** Roem.
Voyez :
Ferd. Roemer < *Palaeontograph.*, T. IX, p. 147, pl. XXVIII
de Bundenbach, Birkenfeld . . . . V. 14.
Échantillon original.
» 12500. **Id.** de Bundenbach, Birkenfeld . . . . » 14.

Mollusques.

BRACHIOPODES.

PRODUCTIDES.

No. 12761. **Productus** *sp.* (**punctatus** Phill.?)
de Visé . . . . T. 23*d*.
» 12762. **Id.** Ib. . . . . » 23*d*.
» 12763. **Id.** Ib. . . . . » 23*d*.
» 13052. **Id.** Ib. . . . . » 20*f*.

RHYNCHONELLIDES.

No. 1421. **Atrypa reticularis** Dalm.
Voyez pag. 46 et 47.
de Dudley, Staffordshire . . . . A. 1.

No. 1478. **Atrypa reticularis** Dalm. de Gerolstein.. . . . . A. 1.
" 9469. **Id.** de Cassel. . . . . " 1.
" 9470. **Id.** .. . . " 1.
" 13053. **Id.** de Herikhuizen. . . . . T. 20*f*.

TÉRÉBRATULIDES.

No. 1474. **Terebratula didyma** Dalm.
Voyez pag. 51.
du calcaire carbonifère d'Irlande.. . . . . A. 1.

No. 12773. **Terebratula** *sp.* de Namur. . . . . T. 23*d*.
" 13054. **Id.** d'Overijssel. . . . . " 20*f*.

SPIRIFÉRIDES.

No. 12772. **Spirifer glaber** Mart.? . . . . T. 23*d*.
Voyez pag. 52 et 53.

No. 12767. **Spirifer striatus** Mart.?
Voyez pag. 55 et 56.
de Visé. . . . . T. 23*d*.
" 12768. **Id.**? Ib. . . . . " 23*d*.
" 12769. **Id.**? Ib. . . . . " 23*d*.
" 12770. **Id.**? Ib. . . . . " 23*d*.
" 12771. **Id.** de Tournay. . . . . " 23*d*.

No. 12764. **Spirifer** *sp.*? . . . . T. 23*d*.
" 12765. **Id.** . . . . " 23*d*.
" 12766. **Id.** de Visé. . . . . " 23*d*.

ACÉPHALES.

ARCACIDES.

No. 859. **Leda grandaeva** d'Orb.
Nucula grandaeva Goldf.
Voyez :
d'Orbigny, *Prod.*, T. I, p. 74.
Goldfuss, *Petref. Germ.*, T. II, p. 150, pl. CXXIV, fig. 3.
du terrain dévonien d'Ems.. . . . . A. 2.

No. 12788. **Mytilus** *sp.* de Namur.... .... T. 23*d*.

GASTÉROPODES.

FISSURELLIDES.

No. 12774. **Bellerophon costatus** Sow.
Voyez pag. 64.
de Visé. .... T. 23*d*.

TROCHIDES.

No. 12775. **Euomphalus Dionysi** Montf.
Voyez pag. 70.
du calcaire carbonifère de Visé.... . . . . T. 23*d*.

Articulés.

CRUSTACÉS.

CALYMÉNIDES.

No. 12511. **Phacops latifrons** Burm.
Voyez pag. 106.
du dévonien de Bundenbach.. .... V. 14.

" 12512.	**Id.**	Ib.	. . . .	" 14.
" 12513.	**Id.**	Ib.	....	" 14.
" 12514.	**Id.**	Ib.	. . ..	" 14.
" 12787.	**Id.**	Ib.	....	T. 23*d*.

No. 9728. **Trilobites** *sp*.......... .... V. 3.
" 9729. **Id.** d'Angleterre.............. . ... " 3.

Vertébrés.

POISSONS.

LÉPIDOSTÉIDES.

No. 12789. **Palaeoniscus Freieslebeni** Ag.
Voyez pag. 120 et 121.
T. 23*d*.

No. 12534. **Pygopterus Humboldti** Ag.
Palaeothrissum magnum Blainv.
Esox Eislebensis Blainv.
Voyez :
Agassiz, *Poiss. foss.*, T. II, *part.* 1, p. 10; *part.* 2, p. 74, pl. LIV, LV.
Blainville, *Fische* p. 37, 40.
Münster, *Beiträge*, T. V, p. 48, pl. V, fig. 1.
A. 4.

" 12535. **Id.** .... " 4.

PÉRIODE MÉSOZOÏQUE.

Zoophytes ou Rayonnés.

PÉTROSPONGIDES.

No. 12591. **Amorphospongia capitatum** D'ORB.
Voyez pag. 142.
de Fauquemont. . . . . T. 21*c*.

No. 12589. **Cupulospongia subpezisa** D'ORB.
Voyez pag. 144.
de Fauquemont. . . . . T. 21*c*.
" 12590. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.

FORAMINIFÈRES.

CYCLOSTÈGUES.

No. 12611. **Orbitulites** *sp.* (**media** D'ORB.?)
de Fauquemont. . . . . T. 21*c*.

POLYPES.

FUNGIDES.

No. 12570. **Cyclolites cancellata** D'ORB.
Voyez pag. 163 et 164.
du calcaire pisolithique de Maestricht . . . . T. 21*c*.
" 12571. **Id.** de Fauquemont. . . . . " 21*c*.
" 12572. **Id.** Ib. " 21*c*.
" 12573. **Id.** . . . . " 21*c*.
" 12574. **Id.** . . . . " 21*c*.

No. 12588. **Cyclolites** *sp.* de Fauquemont. . . . . T. 21*c*.

No. 12575. **Micrabacia** *sp.*
de la craie supérieure de Folx-les-caves . . . . T. 21*c*.

ASTRÉIDES.

No. 12584. **Thamnastraea flexuosa** Edw. et Haime.
Voyez pag. 166.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.

No. 12586. **Dimorphastraea escharoides** Edw. et Haime.
Voyez pag. 167.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.

No. 12576. **Aplosastraea geminata** D'Orb.
Voyez pag. 167.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.
" 12577. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.
" 12578. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.

No. 12585. **Synastraea gyrosa** Goldf.
Voyez:
Goldfuss, *Petrefakt. Germ.*, T. I, p. 68, pl. XXIII fig. 5.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.

No. 12579. **Astraea** *sp.*
du calcaire pisolithique de Maestricht . . . . T. 21*c*.

No. 12604. **Trochosmilia** *sp.* (**Faujasi** Edw. et Haime?)
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.

No. 12580. **Cryptocoenia rotula** D'Orb.
Voyez pag. 179.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.
" 12581. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.
" 12582. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.
" 12583. **Id.?** . . . . " 21*c*.

No. 12612. **Diploctenium cordatum** Goldf.
Voyez pag. 180.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.
" 12613. **Id.** Ib. . . . . " 21*c*.

No. 12587. **Gorgonia bacillaris** Goldf.
Voyez pag. 180.
de Fauquemont . . . . T. 21*c*.

ÉCHINODERMES.

PYCNOCRINIDÉES.

No. 13002. **Pentacrinus** *sp.*? du diluvium de Steenwijk . . . T. 20*e*.
» 13056. **Id.** du calcaire à pentacrinites (lias moyen) de May près Caen . . . . » 20*f*.

No 13003. **Bourguetticrinus ellipticus** D'Orb.
Voyez pag. 185.
du Mecklenbourg . . . . T. 20*e*.

No. 13057. **Apiocrinus Parkinsoni** D'Orb.
Voyez pag. 186.
de la grande oolithe de Moult (Calvados) . . . . T. 20*f*.

No. 12817. **Eugeniacrinus** *sp.* du jura . . . . T. 23*d*.

No. 12818. **Pycnocrinidée** *sp.* . . . . T. 23*d*.
» 12819. **Id.** . . . . » 23*d*.
» 12820. **Id.** . . . . » 23*d*.

CIDARIDES.

No. 13044. **Cyphosoma Milleri** Ag.
Cidaris granulosus Goldf.
Echinus Milleri Desm.
Diadema granulosum Ag.
Voyez :
Agassiz, *Catal*, p. 11.
Goldfuss, *Petrefakt. Germ.*, T. I, p. 122, pl. XL, fig. 7.
Desmarets, *Echin.* p. 294.
Agassiz < *Mém. Neuch.*, T. I, p. 189.
de Steenwijk . . . . T. 20*f*.
» 13045. **Id.** de Wierden . . . . » 20*f*.

No. 13046. **Cyphosoma** *sp.* (**spatuliferum** Forbes?)
d'Eibergen . . . . T. 20*f*.
» 13047. **Id.** Ib.? de Fauquemont . » 20*f*.
» 13048. **Id.** Ib.? de Steenwijk . . . » 20*f*.

No. 12543. **Cidaris regalis** Goldf.
Voyez pag. 196
de Fauquemont . . . . A. 28.

No. 12562. **Cidaris** *sp.* (**Faujasi** DESOR ?)
de Fauquemont .... A. 28.

No. 12821. **Cidaris** *sp.* de Namur .... T. 23*d*.
" 12822. **Id.** de Namur .... " 23*d*.
" 13004. **Id.** d'Overijssel .... " 20*e*.
" 13005. **Id.** de Steenwijk .... " 20*e*.
" 13006. **Id.** de Wierden .... " 20*e*.
" 13007. **Id.** d'Overijssel .... " 20*e*.

No. 13058. **Hemicidaris** *sp.* (**langrunensis** MORR. ?)
de la grande oolithe de Langrun .... T. 20*f*.

CLYPÉASTROÏDES.

No. 12529. **Clypeaster** *sp.* de Maestricht .... A. 28.

No. 13008. **Galerites abbreviata** LAMK.
Voyez pag. 199.
de la Frise .... T. 20*e*.
" 13009. **Id.** de Steenwijk .... " 20*e*.
" 13010. **Id.** d'Overijssel .... " 20*e*.
" 13011. **Id.** de Norwège .... " 20*e*.
" 13012. **Id.** d'Ootmarsum .... " 20*e*.

No. 13013. **Galerites** *sp.* de la Gueldre .... T. 20*e*.
" 13014. **Id.** de la Frise .... " 20*e*.

No. 12823. **Caratomus sulcato-radiatus** DESOR.
Voyez pag. 199.
du sénonien de Slenaken .... T. 23*d*.

No. 12542. **Cassidulus lapis-cancri** LAMK.
Voyez pag. 200.
de Fauquemont .... A. 28.

No. 12824. **Catopygus pyriformis** AG.
Voyez pag. 201.
de Slenaken .... T. 23*d*.
" 12825. **Id.** d'Aix la Chapelle .... " 23*d*.
" 13015. **Id.** de Wierden .... " 20*e*.
" 13016. **Id.** de la Frise .... " 20*e*.
" 13017. **Id.** de Steenwijk .... " 20*e*.
" 13018. **Id.** Ib. .... " 20*e*.

SPATANGOÏDES.

No. 12828. **Echynocorys vulgaris** var. *ovata* Breyn.
Voyez pag. 202.
du sénonien de Galoppe. . . . . T. 23*d*.
- 12829. **Id.** . . . . - 23*d*.
- 13019. **Id.** d'Aix la Chapelle. . . . . - 20*e*.
- 13020. **Id.** . . . . - 20*e*.
- 13021. **Id.** de l'île de Wieringen. . . . . - 20*e*.
- 13022. **Id.** de Fauquemont. . . . . - 20*e*.
- 13023. **Id.** de Steenwijk. . . . . - 20*e*.
- 13024. **Id.** . . . . - 20*e*.
- 13025. **Id.** . . . . - 20*e*.
- 13026. **Id.** de Wieringen. . . . . - 20*e*.
- 13027. **Id.** d'Aix la Chapelle. . . . . - 20*e*.
- 13028. **Id.** de Cobourg. . . . . - 20*e*.
- 13029. **Id.** de la Frise. . . . . - 20*e*.
- 13030. **Id.** d'Ootmarsum. . . . . - 20*e*.
- 13031. **Id.** d'Overijssel. . . . . - 20*e*.
- 13032. **Id.** Ib. . . . . - 20*e*.
- 13033. **Id.** Ib. . . . . - 20*e*.

No. 13034. **Echynocorys vulgaris** var. *gibba* Breyn.
de Steenwijk. . . . . T. 20*e*.

No. 13035 **Echynocorys** *sp.* d'Ootmarsum. . . . . T. 20*e*.
- 13036. **Id.** de Drenthe. . . . . - 20*e*.

No. 12541. **Hemiaster prunella** Desor.
Voyez pag. 203.
de Fauquemont. A. 28.
- 12826. **Id.** d'Aix la Chapelle. . . . . T. 23*d*.
- 13037. **Id.**? (**Micraster bufo**?)
Voyez pag. 204.
de Fauquemont. - 20*e*.

No. 13038. **Micraster cor anguinum** Ag.
Voyez pag. 203.
de Fauquemont. T. 20*e*.
- 13039. **Id.** de Ramberg. . . . . - 20*e*.
- 13040. **Id.** de la Frise. . . . . - 20*e*.
- 13041. **Id.** Ib. . . . . - 20*e*.
- 13042. **Id.**? de Steenwijk. . . . . - 20*e*.

No. 12827. **Holaster suborbicularis** Ag.
Spatangus suborbicularis Defr.
Voyez :
Agassiz < *Mém. Neuch.* T. I, p. 183.
Agassiz < *Nouv. Mém. Soc. Helv.*, T. III, p. 21, pl. III, fig. 11 — 13.
Defrance < *Dict.*, T. II, p. 95.
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. I, p. 148, pl. XLV, fig. 5.
de l'étage sénonien de Galoppe.................... T. 23*d*.
" 13043. **Id.** de la Frise............................ " 20*e*.

No. 13000. **Holaster granulosus** Ag
Spatangus granulosus Goldf.
Voyez :
Agassiz < *Mém. Neuch.* T. 1, p. 183.
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. I, p. 148, pl. XLV, fig. 3.
de la craie blanche d'Angleterre.................... T. 20*i*.

No. 13001. **Holaster** *sp*?............................ T. 20*e*.

No. 13059. **Disaster Eudesi** Ag.
Voyez :
Agassiz < *Monogr.* T. IV, p. 23, pl. I, fig. 5 — 12.
de l'oolithe infér. de Sully près Bayeux.......... T. 20*f*.

No. 12536. **Hemipneustes radiatus** Ag.
Voyez pag. 306.
du calcaire pisolitique de Maestricht............ A. 28.
" 12537. **Id.** Ib. .... " 28.
" 12538. **Id.** Ib. .... " 28.
" 12539. **Id.** Ib. .... " 28.
" 12540. **Id.** Ib. .... " 28.
" 12614. **Id.** Ib. .... T. 21*c*.
" 12615. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12616. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12617. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 13049. **Echinide** *sp*. de Steenwijk.................... T. 20*f*.
" 13050. **Id.** de Fauquement.......................... " 20*f*.
" 13051. **Id.** (**Pentagonaster quinqueloba**?)
de Fauquemont.................................. " 20*f*.

Mollusques.

BRYOZOAIRES.

TUBILIPORIDES.

No. 12602. **Heteropora dichotoma** Blainv.
Voyez pag 208.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12600. **Heteropora** *sp*. (**tenera** v. Hag ?)
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12601. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 12597. **Ceriopora cavernosa** Hag.
Voyez pag. 210.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12598. **Ceriopora** *sp*.? (**racemosa** Goldf. ?)
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12599. **Id.** *sp*. (**gracilis** Goldf. ?)
de Fauquemont .... " 21*c*

No. 12561. **Radiocavea diadema** D'Orb.
Voyez pag. 211.
de Fauquemont .... A 28.

No. 12594. **Idmonea maculata** Hag.
Voyez pag. 213.
de Fauquement .... T. 21*c*.

No. 12592. **Idmonea** *sp*. (**geometrica** v. Hag. ?)
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12593. **Idmonea** *sp*. (**clathrata** Goldf. ?)
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12595. **Id.** *sp*. Ib. .... " 21*c*.
" 12596. **Id.** *sp*. Ib. .... " 21*c*.

No. 12603. **Coeloco chlea torquata** Hag.
Voyez pag. 213.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

ESCHAROÏDES.

No. 12610. **Stichopora clypeata** Hag.
Voyez pag. 214.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12605. **Eschara sexangularis** Goldf.
Voyez pag. 214.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12606. **Eschara striata** Goldf.
Eschara filograna Goldf.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. I, p. 25, pl. VIII, fig. 16, 17.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12607. **Eschara** *sp* (**bipunctata** Goldf. ?)
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12608. **Id.** *sp.* (**Jussieui** v. Hag ?)
de Fauquemont .... " 21*e*.
" 12609. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

BRACHIOPODES IRRÉGULIERS.

CAPRINIDES.

No. 12731. **Hippurites** *sp.* (**Lapeyrousi** Goldf. ?)
Voyez pag. 218 et 222.
de Fauquemont .... T. 21*e*.

BRACHIOPODES RÉGULIERS.

CRANIDES.

No. 12548. **Crania Ignabergensis** Retz.
Voyez pag. 224.
de Folx-les-caves .... A. 28.

No. 12549. **Crania** *sp.* (**antiqua** Defr. ?)
de Slenaken .... A. 28.

RHYNCHONELLIDES.

No 12544. **Rhynchonella compressa** D'Orb.
Voyez pag. 229.
de la craie supérieure de Kunraed.................. A. 28.

No. 12545. **Rhynchonella subplicata** D'Orb.
Voyez pag. 230.
du sénonien de Galoppe.................. A. 28.

No. 13077. **Rhynchonella acuta** D'Orb.
Voyez pag. 230.
du lias moyen de Landes-sur-Agon.................. T. 20*f*.

No. 13060. **Rhynchonella plicatella** Sow.
Voyez :
Sowerby, *Min. Conch.*, T. V, p. 167, pl. CCCCIII, fig. 1.
de l'oolithe infér. de Sully près Bayeux.................. T. 20*f*.

No. 13061. **Rhynchonella tetraedra** Sow.
Terebratula tetraedra Sow.
Terebratula media Sow.
Terebratula obsoleta Sow.
Voyez :
Sowerby, *Min. Conch.*, T. I, pag. 191, 192, pl. LXXXIII, fig. 4, 5, 7.
v. Zieten, *Württemb.*, p. 34, pl. XLI, fig 1.
du lias moyen de Landes-sur-Agon, Calvados.................. T. 20*f*.

No 12546. **Rhynchonella** *sp.* de Fauquemont.................. A. 28.
" 12830. **Id.** du Jura.................. T. 23*d*.
" 13062. **Id.** (**Fischeri**?) du callovien d'Almenèches.................. " 20*f*.

SPIRIFÉRIDES.

No. 13063. **Spiriferina Walcotti** D'Orb.
Voyez pag. 232.
du lias moyen de Landes.................. T. 20*f*.

No. 13064. **Spiriferina** *sp.* (**pinguis**?) du lias moyen de Subles près Bayeux.................. T. 20*f*.

THÉCIDÉIDES.

No. 12730. **Thecidium vermiculare** Davidson.
Voyez pag. 234.
de Fauquemont .... T. 21e.

No. 12547. **Thecidium papillatum** Davidson.
Voyez pag. 234.
du terrain crétacé de Maestricht .... A. 28.

TÉRÉBRATULIDES.

No. 12553. **Magas pumilus** Sow.
Voyez :
Sowerby, *Min. Conch.*, T. II, p. 40, pl. CXIX.
Bronn, *Leth. geogn.*, T. V, p. 222, pl. XXX, fig. 1.
de Slenaken.. .... A. 28.

No. 13069. **Terebratula quadrifida** Lamk.
Terebratula bifida Defr.
Voyez :
Lamarck, *Hist.*, T. VI, 1, p. 253; T. VII, p. 340.
Von Buch, *Terebrat*, p. 84, pl. II, fig. 27.
Defrance < *Dict.* T. LIII. p. 154.
du lias moyen d'Evrecy .. .. T. 20f.

No. 13074. **Terebratula cor** Lamk.
Voyez :
Lamarck, *Hist.*, T. VI, 1, p. 250.
du lias inférieur de Sully près Bayeux.. .... T. 20f.

No. 13075. **Terebratula carinata** Lamk.
Voyez :
Lamarck, *Hist.*, T. VI, p. 251.
de l'oolithe inférieure de Sully près Bayeux. ...... T. 20f.

No. 13065. **Terebratula numismalis** Lamk.
Voyez pag. 238 et 239.
du lias moyen d'Evrecy (Calvados)................ T. 20f.

No. 13066. **Terebratula digona** Sow.
Voyez pag. 239.
de la grande oolithe de Ranville.................. T. 20f.

No. 12551. **Terebratula semiglobosa** Sow.
Voyez pag. 240.
de Galoppe . . . . A. 28.

No. 13067. **Terebratula perovalis** Sow.
Voyez pag. 240.
des marnes infra-oolithiques de Fontaine-Etoupefour . . T. 20*f*.

No. 13072. **Terebratula biplicata** Sow.
Voyez pag. 241.
de la grande oolithe de Ranville . . . . . . T. 20*f*.

No. 12790. **Terebratula carnea** Sow.
Voyez pag. 242.
du sénonien de Galoppe . . . . T. 23*d*.
" 12791. **Id.** Ib. de Limbourg . . . . " 23*d*.

No. 13070. **Terebratula vicinalis** Schloth.
Voyez pag. 144.
du lias moyen de la Caine (Calvados) . . . . . . T. 20*f*.

No. 13068. **Terebratula bucculenta** Sow.
Voyez pag. 242.
de l'oxfordien moyen des falaises de Vaches-noires . . . T. 20*f*.

No. 13071. **Terebratula bullata** Sow.
Voyez pag. 243.
de l'oolithe inférieure de Sully près Bayeux . . . . T. 20*f*.
" 13073. **Id.** du callonien d'Almenèches . . . . " 20*f*.

No. 12550. **Terebratula longirostris** Nils.
Voyez :
Nilson, *Suec*, p. 33, pl. IV, fig. 1.
Roemer, *Oolith.*, T. II, p. 21, pl. XVIII, fig. 13.
de Fauquemont . . . . A. 28.

No. 12552. **Terebratula** *sp. nov.* de Fauquemont . . . . . . A. 28.
" 12831. **Id.** *sp.* de Ternate . . . . T. 23*d*.
" 13076. **Id.** **(resupinata** Sow. ?) du lias moyen d'Evrecy, Calvados . . . . . . " 20*f*.

ACÉPHALES.

OSTRACÉS.

No. 12979. **Ostrea Marshi** Sow.? .... T. 20*e*.
Voyez pag. 244.
" 13079. **Id.** de l'oxfordien moyen de Vaches-noires .... " 20*f*.

No. 12669. **Ostrea semiplana** Sow.
Ostrea flabelliformis Nils.
Voyez :
Sowerby, *Min. Conch.*, T. V, p. 144, pl. CCCCLXXXIX, fig. 3.
Nilsson, *Suec*, p. 31, pl. VI, fig. 4.
Goldfuss, *Petref. Germ.*, T. II, p. 12, pl. LXXVI, fig. 1.
de Fauquemont .... T. 21*e*.
" 12794. **Id.** du hervien de Galoppe, Slenaken .... " 23*d*.

No. 12642. **Ostrea larva** Lamk.
Voyez p. 248.
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12643. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12644. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12645. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12646. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12647. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 12648. **Ostrea hippopodium** Nilss.
Voyez pag. 248.
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12649. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12650. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12651. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 12652. **Ostrea vesicularis** Lamk.
Voyez pag. 250.
de Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12653. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12654. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12655. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12656. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12657. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12658. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12659. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 12660. **Ostrea vesicularis** Lamk.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.
- 12661. **Id.** Ib. .... - 21*e*.
- 12662. **Id.** Ib. .... - 21*e*.
- 12663. **Id.** Ib. .... - 21*e*.
- 12664. **Id.** Ib. .... - 21*e*.
- 12792. **Id.** de Galoppe (sénonien)........................ - 23*d*.

No. 12667. **Ostrea auricularis** D'Orb.
Voyez pag. 252.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.
- 12668. **Id.** Ib. .... - 21*e*.

No. 12670. **Ostrea decussata** Goldf. *sp*.
Voyez pag. 253.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.

No. 12665. **Ostrea conica** Goldf. *sp*.
Voyez pag. 253.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.

No. 13081. **Ostrea** *sp*. sur un lignite de l'oxfordien de Vaches-noires. T. 20*f*.
- 12833. **Id.** *sp*........................ - 23*d*.
- 12834. **Id.** de Normandie........................ - 23*d*.
- 12835. **Id.** .... - 23*d*.
- 12836. **Id.** .... - 23*d*.
- 12837. **Id.** de Luxembourg........................ - 23*d*.
- 12838. **Id.** de Dalheim, Luxembourg........................ - 23*d*.
- 12973. **Id.** *sp*........................ - 20*e*.
- 12980. **Id.** de Charleroi........................ - 20*e*.
- 12984. **Id.** de Rochefort........................ - 20*e*.
- 13080. **Id.** (**ocreata**?) du lias moyen de May près Caen.. - 20*f*.

No. 12666. **Exogyra planospirites** Goldf.
Voyez pag. 254.
de Fauquemont........................ T. 21*c*.

No. 12793. **Exogyra laciniata** Goldf.
Chama laciniata Nilss.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II p. 35, pl. LXXXVI, fig. 12.
Nilsson, *Suec.*, p. 28, pl. VIII, fig. 2.
de l'étage hervien de Slenaken........................ T. 23*d*.

No. 12839. **Exogyra** *sp*. de Bamberg........................ T. 23*d*.

No. 13084. **Gryphaea dilatata** Sow.
Voyez pag. 255.
de l'oxfordien moyen de Vaches-noires............ T. 20*f*.

No. 12840. **Gryphaea arcuata** Lamk.
Voyez pag. 256.
de Normandie............................ » 23*d*.
» 12841. **Id.** de Montdorf, Luxembourg............ » 23*d*.
» 12842. **Id.** .... » 23*d*.
» 13082. **Id.** du lias inférieur de Subles près Bayeux ...... » 20*f*.

No. 13083. **Gryphaea cymbium** Lamk.
Voyez pag. 257.
du lias moyen de la Caine, Calvados.............. T. 20*f*.

No. 13085. **Gryphaea** *sp.* (**vesicularis**?) du cénomanien de de la Flèche, Sarthe. T. 20*f*.

PECTINIDES.

No. 12832. **Plicatula** *sp.* du jura.............................. T. 23*d*.

No. 12639. **Spondylus subplicatus** D'Orb.
Voyez pag. 258.
de Fauquemont.................................. T. 21*c*.
» 12640. **Id.** Ib. .... » 21*c*.
» 12641. **Id.** Ib. .... » 21*c*.

No. 12634. **Spondylus striatus** Goldf.
Dianchora striata Sow.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II, p. 98, pl. CVI, fig. 5.
Sowerby, *Min. Conch.*, T. I, p. 183, pl. LXXX, fig. 1.
de Fauquemont.................................. T. 21*c*.
» 12635. **Id.** Ib. .... » 21*c*.
» 12636. **Id.** Ib. .... » 21*c*.
» 12637. **Id.** Ib. .... » 21*c*.
» 12638. **Id.** Ib. .... » 21*c*.

No. 12674. **Janira quadricostata** D'Orb.
Voyez :
de Fauquemont.................................. T. 21*e*.
» 12675. **Id.** Ib. .... » 21*e*.
» 12676. **Id.** Ib. .... » 21*e*.

No. 12677. **Janira quadricostata** D'Orb.
de Fauquement........................ T. 21*e*.
" 12678. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12679. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12680. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12681. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12974. **Janira aequicostata** D'Orb.
Voyez pag. 260.
de Rochefort........................ T. 21*e*.
" 12975. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12976. **Id.** Ib. .... " 21*e*
" 12977. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12687. **Janira striato-costata** Goldf.
Voyez pag. 261.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.
" 12688. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12690. **Pecten dentatus** Nilss.
Voyez pag. 261.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.
" 12691. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12692. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12693. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12694. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12695. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12696. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12689. **Pecten Nilssoni** Goldf.
Voyez pag. 262.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.

No. 12697. **Pecten membranaceus** Nilss
Voyez pag. 262.
de Fauquemont........................ T. 21*e*.
" 12698. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12699. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12700. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12701. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12702. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12703. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12704. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12807. **Pecten pulchellus** Nilss.
Voyez pag. 263.
du sénonien de Ciply.......................... T. 23*d*.

No. 13086. **Pecten aequivalvis** Sow.
Voyez pag. 263.
du lias moyen de la Caine.......................... T. 20*f*.

No. 12671. **Pecten laevis** Nilss.
Voyez:
Nilsson, *Suec.*, p. 24, pl. IX, fig. 17.
de Fauquemont.............................. T. 21*e*.
" 12672. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12673. **Pecten cicatrisatus** Goldf.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.* T. II, p. 56, pl XCIII, fig. 6.
de Fauquemont.............................. T. 21*e*.

No. 12682. **Pecten decemcostatus** Goldf.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II, p. 53, pl. 92, fig. 2.
de Fauquemont.............................. T. 21*e*.
" 12683. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12684. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12685. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12686. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12705. **Pecten** *sp.* de Fauquemont.............................. T. 21*e*.
" 12843. **Id.** du jura de Dalheim, Luxembourg.............. " 23*d*.
" 12844. **Id.** Ib. .... " 23*d*.
" 12845. **Id.** Ib. .... " 23*d*.
" 12981. **Id.** .... " 20*e*.
" 12982. **Id.** .... " 20*e*.

LIMIDES.

No. 12846. **Lima striata** Desh.
Voyez pag. 265.
de Deux-Ponts.............................. T. 23*d*.

No. 18211. **Lima gigantea** Desh.
Voyez pag. 265.
du terrain jurassique de Dalheim, Luxembourg ..... T. 24*e*.
" 18212. **Id.** Ib. ...... " 24*e*.
" 18213. **Id.** Ib. ...... " 24*e*.

No. 18214. **Lima gigantea** DESH.
du terrain jurassique de Dalheim, Luxembourg.... T. 24*e*.
" 18215. **Id.** Ib. ..... " 24*e*.
" 18216 **Id.** Ib. ..... " 24*e*.

No 13088. **Lima gibbosa** Sow.
Voyez pag. 267.
de l'oolithe inf. de Sully près Bayeux .... T. 20*f*.

No. 12706. **Lima semisulcata** GOLDF.
Voyez pag. 268.
de Fauquemont...................................... T. 21*e*.
" 12808. **Id.** du sénoniem de Ciply.......................... " 23*d*.

No 12707. **Lima** *sp.* (**tecta** GOLDF.?) de Maestricht........ T. 21*e*.
" 13087. **Id.** *sp.* (**heteromorpha**?) des marnes infra-oolitiques de Fontaine-Etoupefour. Calvados. " 20*f*.

MALLÉACÉS.

No. 12713. **Perna approximata** BOSQ.
Voyez pag 273.
de Fauquemont...................................... T. 21*e*.

No. 12810. **Avicula** *sp* .... T. 23*d*.
" 13089. **Id.** (**costata**?) de la grande oolithe de Langrun... " 20*f*.

MYTILIDES.

No. 12708. **Mytilus striatus** GOLDF.
Voyez :
GOLDFUSS, *Petr. Germ.*, T. II, p. 170, pl. 129, fig. 5.
de Fauquemont...................................... T. 21*e*.
" 12709. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12847. **Mytilus** *sp.* de Busweiler, Elzace. .... T. 23*d*.

No. 12710. **Lithodomus** *sp.* (**Ciplyanus** DE RYCKH).
de Fauquemont...................................... T. 21*e*.
" 12711. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

No. 12628. **Pinna cretacea** SCHLOTH.
Pinnites restitutus SCHLOTH.
Pinna restituta HOEN.
Voyez :
SCHLOTHEIM, *Petref.*, T. I, p. 304.
FAUJAS ST. FOND, *Maestr.*, p. 144, pl. XXII, fig. 1—3.
GOLDFUSS, *Petr. Germ.*, T. II, p. 166, pl. CXXXVIII.
de Fauquemont.............................. T. 21*c*.
" 12629. **Id.** Ib. .... " 21*c*.

No. 12626. **Pinna** *sp.* (**diluviana** GOLDF.?)
de Schalsberg (Fauquemont)..................... T. 21*c*.
" 12627. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12712. **Id.** *sp.* de Fauquemont.......................... " 21*e*.
" 12985. **Id.** *sp.* de Rochefort.......................... " 21*e*.

ARCACIDES.

No. 12795. **Pectunculus sublaevis** Sow.
Voyez pag. 281.
du grès vert d'Aix-la-Chapelle.................. T. 23*d*.
" 12796. **Id.** Ib. .... " 23*d*.
" 12797. **Id.** Ib. .... " 23*d*.
" 12798. **Id.** du hervien de Galoppe.................... " 23*d*.

No. 12802. **Arca glabra** GOLDF.
Voyez pag. 281.
de Galoppe.................................. " 23*d*.

No. 12714. **Arca** *sp.* de Fauquemont....................... T. 21*e*.

TRIGONIDES.

No. 12624. **Trigonia limbata** D'ORB.
Lyriodon limbatus BRONN.
Voyez :
D'ORBIGNY, *Pal. franç. Terr. Crét*, T. III, p. 156, pl. CCXCVIII.
de Fauquemont.............................. T. 21*c*.
" 12799. **Id.** des sables verts d'Aix-la-Chapelle............. " 23*d*.

ASTARTIDES.

No. 13091. **Myoconcha crassa** Sow.

Voyez :

Sowerby, *Min. Conch.*, T. V, p. 103, pl. CCCCLXVII.
Bronn, *Leth. geogn.*, T IV, p. 237, pl. XX, fig. 15.

de l'oolithe ferrugineuse de Sully près Bayeux....... T. 20*f*.

No. 13090. **Astarte modiolaris** Desh.

Voyez pag. 286.

de l'oolithe ferrugineuse de Sully près Bayeux....... T. 20*f*.

No. 12715. **Crassatella Bosquetiana** D'Orb.

Voyez pag. 287.

de Fauquemont................................ T. 21*e*.

No. 12986. **Crassatella** *sp.* de Wurtemberg.................. T. 20*e*.

LUCINIDES.

No. 12805. **Lucina lenticularis** Goldf.

Lucina circularis Gein.
Lucina lens Roem.
Lucina Reichi Roem.

Voyez :

Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II, p. 228, pl. CXLIV, fig. 16.
Geinitz, *Kreid.*, T. I, p. 76, pl. XX, fig. 4; p. 49, pl. XVI, fig 7.
Roemer, *Kreid.*, p. 73, pl IX, fig. 14, 15.

du hervien de Slenaken......... .... T. 23*d*.

No. 12806. **Lucina** *sp.* de Limbourg........................ T. 23*d*.
» 12987. **Id.** *sp.* de Normandie......................... » 20*e*.

CARDIDES.

No. 12809. **Cardium** *sp.* (**Beeksi** Muller?)

Voyez pag. 287.

des sables verts inférieurs d'Aix-la-Chapelle......... T. 23*d*.

No. 12988. **Isocardia** *sp.*? d'Aix-la-Chapelle.............. .. T. 20*e*.

CYPRINIDES.

No. 12623. **Cyprina** *sp.* de Fauquemont................. .... T. 21*c*.
" 12989. **Id.** de Thuringue............................ " 20*e*.
" 12990. **Id.** d'Aix-la-Chapelle......................... " 20*e*.
" 12991. **Id.** de Normandie............................ " 20*e*.
" 12992. **Id.** .... " 20*e*.
" 13055. **Id.** de Tubbingen.......................... .. " 20*f*.

CYTHÉRIDES.

No. 12803. **Venus ovalis** Sow.
Voyez pag. 289.
d'Aix-la-Chapelle......... .... T. 23*d*.
" 12993. **Id.** Ib. .... " 20*e*.

No. 12804. **Venus** *sp.* du hervien.......................... T. 23*d*.
" 12848. **Id.** de Namur................................ " 23*d*.

MYACIDES.

No. 12622. **Pholadomya Esmarki** Goldf.
Voyez pag. 294.
du Schalsberg près Fauquemont.... .... T. 21*c*.

No. 12849. **Pholadomya** *sp.* de Limbourg............... .. T. 23*d*.
" 12994. **Id.** . ... " 20*e*.
" 12978. **Id.** de la Belgique.. ... ... " 20*e*.

No. 12983. **Myacides** *sp.*? . .. . T. 20*e*.

No. 12972. **Mollusques** de Rochefort....... . ... " 20*e*.

PHOLADIDES.

No. 12732. **Teredo Faujasi** Bronn.
Voyez :
Faujas Saint Fond, *Mont. St. Pierre*, p. 181, pl. XXXIII.
de Kunraed... ... . T. 21*e*.

No. 13078. **Teredo** *sp.* de la Normandie . . . . T. 21*f*.

GASTÉROPODES.

DENTALIDES.

No. 12619. **Dentalium mosae** Bronn.
Voyez pag. 298.
de Fauquemont .... T. 21c.
» 12620. **Id.** Ib. .... » 21c.

CYCLOBRANCHES.

No. 12618. **Patella** *sp.* nov? de Maestricht .... T. 21c.

BUCCINIDES.

No. 12850. **Cerithium** *sp.* (**Ryckholti** Müll.?)
des sables verts inférieurs d'Aix-la-Chapelle ...... T. 23d.

No. 12716. **Cerithium** *sp.* de Fauquemont .... T. 21e.

VOLUTIDES.

No. 12717. **Voluta** *sp.* (**antiqua** Brod?)
de Maestricht .... T. 21e.

STROMBIDES.

No. 12851. **Rostellaria** *sp.* du hervien de Galoppe .... T. 23d.

HALIOTIDES.

No. 13092. **Pleurotomaria armata** Münst
Voyez :
Goldfuss, *Petrefakt Germ.*, T. III, p. 74, pl. CXXXIV, fig 7.
de l'oolithe ferrugineuse d'Eterville près Caen ...... T. 20f.

No. 12852 **Pleurotomaria** *sp.* d'Aix-la-Chapelle .... T. 23d
» 12853. **Id**? .... » 23d.

TROCHIDES.

No. 13049. **Trochus** *sp.* (**halesus**?)
avec **Diastopora diluviana** Goldf. (**Berenicea diluviana** Lx;)
de la grande oolithe de Ranville.... .... T. 20*f*.

NÉRITIDES.

No. 12719. **Nerita rugosa** Hoeningh.
Voyez pag. 304.
de Fauquemont................................ T. 21*e*.
" 12720. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12721. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

NATICIDES.

No. 12718. **Natica Royana** D'Orb.
Voyez:
D'Orbigny, *Pal. franc. Terr. Crét.*, T. II, p. 165, 415, pl. CLXXIV, fig. 6.
de Fauquemont..... .... T. 21*e*.

PYRAMIDELLIDES.

No. 18093 **Chemnitzia** *sp.* (**coarctata**?)
de l'oolithe ferrugineuse de Sully près Bayeux ...... T. 20*f*.

LITTORINIDES.

No. 12854. **Turritella** *sp.* (**sexlineata** Roem?)
(**difficilis** D'Orb.?)
du hervien de Slenaken. ... . T. 23*d*.
" 12855. **Id.** d'Aix-la-Chapelle.... .... " 23*d*.

No. 12722. **Turritella** *sp.* de Fauquemont... .... T. 21*e*.

MÉLANIDES.

No. 12723. **Cyclostoma** *sp.*?
de Fauquemont . . . . T. 21*e*.

CÉPHALOPODES.

AMMONITIDES.

No. 12999. **Turrilites costatus** Lamk.
Voyez pag 308.
T. 20*e*.

No. 12521. **Ammonites Henrici** D'Orb.
Voyez pag. 321.
de Swinitza, Bannat . . . . A. 9.

No. 13098. **Ammonites bifrons** D'Orb.
Voyez pag. 322.
du lias supérieur de Curcy . . . . T. 20*f*.

No. 13099. **Ammonites cordatus** Sow.
Voyez pag. 326.
de l'oxfordien moyen de Vaches-noires . . . . T. 20*f*.

No. 13096. **Ammonites Parkinsoni** Sow.
Voyez pag. 332.
de l'oolithe ferrugineuse de Sully près Bayeux . . . . T 20*f*.

No 12522. **Ammonites subobtusus** Kudern.
Voyez :
Kudernatsch < *Abh. Geol. Reichs*, T. I, part 2, pag. 7, pl. II, fig. 1 — 3.
de Swinitza, Bannat . . . . A. 9.

No. 12519. **Ammonites tatricus** Pusch.
Voyez :
Pusch, *Pol. pal.*, p. 158, pl. XIII, fig. 11.
D'Orbigny, *Pal. franc. Terr. jur.*, pl CLXXX.
v. Buch < *Bull. Soc. géol. de Fr.* 7 Avril 1 45, p. 359.
Quenstedt, *Petr. Deutsch*, p. 268.
Kudernatsch < *Abh. geol. Reichs*, T. 1, part. 2, p. 4, pl. I, fig. 1 — 4.
de Swinitza, Bannat . . . . A. 9.

No. 9437. **Ammonites convolites parabolis** Schl. & Quenst.
Voyez :
Kudernatsch < *Abh geol. Reichs*, T. I, part. 2 p. 14, pl. III, fig. 7 — 10.
de Swinitza, Bannat . . . . A. 9
» 12517. **Id.** Ib. . . . . » 9.

No. 12615. **Ammonites Johannis Austriae** KLIPST.
Voyez :
v. KLIPSTEIN, *Ostlich. Alpen*, p 105, pl. V, fig. 1.
de Hallstadt .... A. 9.

No. 13095. **Ammonites Blagdeni** SOW.
Voyez pag. 351.
de l'oolithe ferrugineuse d'Eterville .... T. 20*f*.

No. 13097. **Ammonites Humphriesianus** SOW.
Voyez pag. 353.
de l'oolithe ferrugineuse d'Eterville................ T. 20*f*.

No. 12520. **Ammonites bullatus** D'ORB. var.
Voyez :
KUDERNATSCH < *Abh. Geol. Reichs*, T. I, part. 2, p. 12, pl. III, fig. 1 — 4, 11.
de Swinitza, Bannat .... A. 9.

No. 9443. **Ammonites Adeloides** KUDERN.
Voyez :
KUDERNATSCH < *Abh. Geol. Reichs*, T. I, part. 2, p. 9, pl. II, fig. 14, 15, 16.
de Swinitza, Bannat...... .... A. 9.

No. 12518. **Ammonites** *sp.* **(Layeri** HAUER?) de Hallstadt.... A. 9.
" 12856. **Id.** d'Aix-la-Chapelle.......... ... . T. 23*d*.
" 12857. **Id.** de Namur.......................... .... " 23*d*.
" 12952. **Id.** **(spinatus)** de Bamberg ... . " 20*e*.
" 12953. **Id.** de Cobourg .... " 20*e*.
" 12954. **Id.** Ib. .... " 20*e*.
" 12955. **Id.** **(ibex**?) du jura .... " 20*e*.
" 12956. **Id.** (Ib.) de Cobourg........................ " 20*e*.
" 12957. **Id.** de Normandie............................ " 20*e*.
" 12958. **Id.** .... " 20*e*.
" 12959. **Id.** de Bamberg .... " 20*e*.
" 12960. **Id.** .... " 20*e*.
" 12961. **Id.** **(ornatus**?) de Bamberg .... " 20*e*.
" 12962. **Id.** (Ib.?) Ib. .... " 20*e*.
" 12963. **Id.** **(fimbriatus)** du lias .... " 20*e*.
" 12964. **Id.** .... " 20*e*.
" 12965. **Id.** .... " 20*e*.
" 12966. **Id.** .... " 20*e*.
" 12967. **Id.** .... " 20*e*.
" 12968. **Id.** d'Altdorf près de Neurenberg................. " 20*e*.
" 12995. **Id.** de Charleroi .... " 20*e*.
" 12996. **Id.** Ib. .... " 20*e*.
" 12997. **Id.** Ib. .... " 20*e*.

No. 12969. **Ceratites nodosus** DE HAAN. . . . . T. 20*e*.
Voyez pag. 366.
» 12970. **Id.** . . . . » 20*e*.

NAUTILIDES.

No. 12724. **Nautilus simplex** Sow.
Voyez pag. 369.
de Maestricht . . . . T. 21*e*.

No. 12625. **Nautilus De Kayi** MORTON.
Voyez :
MORTON, *Crét.*, p. 33, pl. VIII, fig. 4; pl. XIII, fig. 4.
de Kunraed . . . . T. 21*e*.

No. 12971. **Nautilus** *sp*. . . . . T. 20*e*.
» 12998. **Id.** de Charleroi . . . . » 20*e*.

BÉLEMNITIDES.

No. 12725. **Belemnitella mucronata** D'ORB.
Voyez pag. 371.
de Fauquemont . . . . T. 21*e*.
» 12726. **Id.** Ib. . . . . » 21*e*.
» 12727. **Id.** Ib. . . . . » 21*e*.
» 12728. **Id.** Ib. . . . . » 21*e*.
» 12729. **Id.** Ib. . . . . » 21*e*.
» 12800. **Id.** de l'étage sénonien de Galoppe . . . . » 23*d*.

No. 12801. **Belemnitella quadrata** D'ORB.
Voyez pag. 372.
du sénonien de Galoppe . . . . T. 23*d*.

No. 13100. **Belemnites sulcatus** MILLER.
Belemnites apicicornus BLAINV.
Voyez :
MILLER < *Geol. Trans*, T. II, p. 59, pl. VIII, fig. 3.
D'ORBIGNY, *Pal. franc. Terr. jur.*, p. 105, pl. VIII, fig. 8.
BLAINVILLE, *Belemn.*, p. 69, pl. II, fig. 2
de l'oolithe inférieure d'Eterville . . . . T. 20*f*.

No. 12858. **Belemnites** *sp*. . . . . T. 23*d*.

Articulés ou Annelés.

ANNÉLIDES.

ANNÉLIDES TUBICOLES.

No. 12565. **Serpula erecta** Goldf.
Voyez pag. 396.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12564. **Serpula subtorquata** Münst.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. I, p. 238, pl. LXX, fig. 11.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12563. **Serpula draconocephala** Goldf.
Voyez pag. 397.
de Fauquemont .... T. 21*c*.

No. 12566. **Serpula** *sp.* **nov.** Fauquemont .... T. 21*c*.
" 12567. **Id.** Ib. .... " 21*c*.
" 12568. **Id.** de Maestricht .... " 21*c*.
" 12569. **Id.** .... " 21*c*.
" 12859. **Id.** (**tuba** Sow.?) de Galoppe .... " 23*d*.

CRUSTACÉS.

CIRRHIPÈDES PÉDONCULÉS.

No. 12621. **Scalpellum** *sp.* (**Valves de cirrhipèdes** ?)
de Maestricht .... T. 21*c*.

THALASSINIENS.

No. 12530. **Calianassa Faujasi** Edw.
Voyez pag. 419.
de Maestricht .... A. 28.
" 12531. **Id.** " .... " 28.
" 12532. **Id.** " .... " 28.

No. 12533. **Callianassa Faujasi** Edw.
de Maestricht. .... A. 28.
" 12630. **Id.** Ib. .... T. 21c.
" 12631. **Id.** Ib. .... " 21c.
" 12632. **Id.** Ib. .... " 21c.
" 12633. **Id.** Ib. .... " 21c

Vertèbrés.

POISSONS.

SQUALIDES.

No. 12733. **Lamna Bronni** Ag.
Voyez pag. 430.
de Fauquemont .... T. 21e.

No. 12860. **Lamna** *sp.* d'Angleterre.......................... T. 23d.

No. 12734. **Otodus appendiculatus** Ag.
Voyez pag. 431.
de Fauquemont.......................... T. 21e.

No. 12735. **Otodus latus** Ag.
Voyez :
Agassiz, *Poiss. Foss.*, T. III, p. 278, pl. XXXII, fig. 29—31.
de Fauquemont .... T. 21e.

No. 12736. **Corax pristodontus** Ag.
Voyez pag. 431.
de Fauquemont.......................... T. 21e.

No. 12737. **Corax heterodon** Reuss.
Voyez pag. 431.
de Fauquemont.......................... T. 21e.

PYCNODONTES.

No. 12740. **Sphaerodus crassus** Ag.?
Voyez :
Agassiz, *Poiss. Foss.*, T. II, p. 15, 212, pl. LXXIII, fig. 101—108.
Faujas St. Fond, *Maestr.*, pl. XIX, fig. 3, 5.
de Fauquemont.......................... T. 21.

SCOMBÉROIDES.

No. 12738. **Enchodus Faujasi** Ag.

Voyez pag. 450.

de Fauquemont . . . . T. 21*e*.
» 12739. **Id.** Ib. . . . . » 21*e*.

No. 12741. **Vertèbres d'un poisson.**
de Fauquemont . . . . T. 21*e*.

COLOLITES.

No. 5289. **Cololite** Ag.
Lumbricus marinus Bajer.
Medusites Germ.
Vermiculites Park.
Lumbricaria Münst.

Voyez :

Agassiz < *Jahrb.*, 1833, p. 767.
Agassiz, *Poiss. Foss.*, *Feuilleton* p. 15.
Bajer, *Oryctog. Norica*, pl. VIII, fig. 2.
Germar < Keferstein, *Geogn. Deutschl*, T. IV, p. 108, pl. Ia fig. 8, 9, 10.
Parkinson, *Organic Remains*, T. III, pl. VI, fig. 13.
Münster < Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. I, p. 223, pl. LXVI, fig. 2, 3, 4.
Bronn, *Leth. geogn.*, T. IV, p. 460, pl. XXV, fig. 9.
Quenstedt, *Handb.*, p. 323.
Pictet, *Paléont.*, T. II, p. 295, pl. XXXIX, fig. 31.

du calcaire lithographique de Bavière . . . . T. 15*b*.
» 5319. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5341. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5368. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5369. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5370. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5377. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5380. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5388. **Id.** Ib. . . . . » 15*b*.
» 5739. **Id.** Ib. . . . . » 14*d*.
» 5740. **Id.** Ib. . . . . » 14*d*.

No. 5741.	**Cololite** Ag.			
	du calcaire lithographique de Bavière			T. 14*d*.
» 5742.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5743.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5744.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5745.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5746.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5747.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5748.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5749.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5750.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5751.	Id.	Ib		» 14*d*.
» 5752.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5753.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5754.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5755.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5756.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5757.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5758.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5759.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5760.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5761.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5762.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5763.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5764.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5765.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5766.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5767.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5768.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5769.	Id.	Ib.		» 14*d*.
» 5770.	Id.	Ib.		» 15*b*.
» 5771.	Id.	Ib.		» 15*b*.
» 5772.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5773.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5774.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5775.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5776.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5777.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5778.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5779.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5780.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5781.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5782.	Id.	Ib.		» 15*a*.
» 5783.	Id.	Ib.		» 15*a*.

No. 5784.	**Cololite** Ag.			
	du calcaire lithographique de Bavière			T. 15*a*.
" 5785.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5786.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5787.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5788.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5789.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5790.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5791.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5792.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5793.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5794.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5795.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5796.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5797.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5798.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5799.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5800.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5801.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5802.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5803.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5804.	**Id.**	Ib.		" 15*a*.
" 5805.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5806.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5807.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5808.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5809.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5810.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5811.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5812.	**Id.**	Ib		" 15*d*.
" 5813.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5814.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5815.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5816.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5817.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5818.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5819.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5820.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5821.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5822.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5823.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5824.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5825.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.
" 5826.	**Id.**	Ib.		" 15*d*.

No.	5827.	**Cololite** Ag.		
			du calcaire lithographique de Bavière	T. 15*d*.
"	5828.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5829.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5830.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5831.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5832.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5833.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5834.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5835.	Id.	Ib	" 15*d*.
"	5836.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5837.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5838.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5839.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5840.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5841.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5842.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5843.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5844.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5845.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5846.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5847.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5848.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5849.	Id.	Ib.	" 15*d*.
"	5850.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5851.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5852.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5853.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5854.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5855.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5856.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5857.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5858.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5859.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5860.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5861.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5862.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5863.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5864.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5865.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5866.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5867.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5868.	Id.	Ib.	" 16*e*.
"	5869.	Id.	Ib.	" 16*e*.

No.	5870.	**Cololite** Ag.			
		du calcaire lithographique de Bavière		T.	16*e*.
„	5871.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5872.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5873.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5874.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5875.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5876.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5877.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5878.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5879.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5880.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5881.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5882.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5883.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5884.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5885.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5886.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5887.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5888.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5889.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5890.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5891.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5892.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5893.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5894.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5895.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5896.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5897.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5898.	**Id.**	Ib.	„	16*e*.
„	5899.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5900.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5901.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5902.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5903.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5904.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5905.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5906.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5907.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5908.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5909.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5910.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5911.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.
„	5912.	**Id.**	Ib.	„	16*f*.

No. 5913. **Cololite** Ag.
du calcaire lithographique de Bavière.............. T. 16*f*.
» 5914. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5915. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5916 **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5917. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5918 **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5919. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5920. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5921. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5922. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5923. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5924. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5925. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5926. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5927. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5928. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5929. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5930. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5931. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5932. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5933. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5934. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5935. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5936. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5937. **Id.** Ib .... » 16*f*.
» 5938. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5939. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5940. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5941 **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5942. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5943. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5944. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5945. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5946. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5947. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5948. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5949. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5950. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5951. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5952. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5953. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5954. **Id.** Ib. .... » 16*f*.
» 5955. **Id.** Ib. .... » 16*f*.

No. 5956. **Cololite** Ag.
du calcaire lithographique de Bavière.............. T. 16*f*.
" 5957. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5958. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5959. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5960. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5961. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5962. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5963. **Id.** Ib. .... " 16*f*.

REPTILES.

SIMOSAURIENS.

No. 12560. **Nothosaurus mirabilis** Münst.
Voyez pag. 451.
Fragment du fémur. — du calcaire cristallin de Bayreuth.... V. 9.

LACERTIFORMES.

No. 12745. **Mosasaurus Camperi** v. Meyer.
Voyez pag. 459.
de Maestricht.................................. T. 21*e*.
" 12746. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12747. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12748. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12749. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12750. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12751. **Id.** Ib. .... " 21*e*.
" 12752. **Id.** Ib. .... " 21*e*.

THALASSITES.

No. 12742. **Chelonia Hoffmanni** Gray.
Voyez pag. 475.
de Fauquemont.................................. T. 21*e*.

No. 5913. **Cololite** Ag. ... Gray.
du calcaire ' ... T. 21e.
" 5914. **Id.** ... 21e.
" 5915. **Id.**
" 5916 **Id.**
" 5917. **Id**
" 5918 **I'** ... **chirotherium** ? (**Metopias diagnosticus** v. Meyer ?)
" 5919.
" 5920 Voyez pag. 481.
" 59?
" 5' ...ttgard ... V. 26.
" ... Ib ... 26.
"
"

.IODE CAINOZOÏQUE.

Plantes vasculaires.

DICOTYLÉDONÉES.

LAURINÉES.

No. 12556. **Laurus princeps** HEER.
Voyez pag. 496.
de Roth près Bonn.......... .... T. 23*a*.

No. 12557. **Labatia salicites** WEBER ?
de Roth près Bonn............................ » 23*a*.

RHAMNÉES.

No. 12555. **Ceanothus polymorphus** A. BRAUN.
Rhamnus terminalis A. BRAUN.
Voyez :
BRAUN < *Jahrb.*, 1845, p. 171.
BRAUN < *Buckland Geolog.*, T. I, p. 576.
Feuille. — de Roth.......................... T. 23*a*.

ANACARDIACÉES.

No 12554. **Rhus** *sp.* **(ailantifolia ?)**
Feuille. — de la lignite feuilletée de Roth près Bonn. T. 23*a*.

Zoophytes ou Rayonnés.

FORAMINIFÈRES.

NAUTILOIDES.

No. 12861. **Nummulites** *sp.*
Voyez pag. 509.
de Bruxelles..................... .... T. 24*c*.
» 12862. **Id. (laevigata** D'ORB.) de Bruxelles............ » 24*c*.

POLYPES.

ASTRÉIDES.

No. 12863. **Synastrea** *sp?* . . . . T. 24c

Mollusques.

ACÉPHALES.

OSTRACÉS.

No. 12864. **Ostrea flabellula** Lamk.
Voyez pag. 520.
de Bruxelles . . . . T. 24c.

» 12865. **Id.** Ib. . . . . » 24c.

No. 12866. **Ostrea ventilabrum** Goldf.
Voyez pag. 521.
de Vliermaes . . . . T. 24c.

No. 12876. **Ostrea** *sp.* (**cochlear** Poli ?)
du tongrien inférieur de Vliermaes . . . . T. 24c.

PECTINIDES.

No. 12868. **Pecten (Janira) Hoeninghausi** Defr.
Voyez pag. 522.
de Klein Spauwen . . . . T. 24c.

ARCACIDES.

No. 12869. **Leda** *sp.* (**Deshayesiana** ?)
Voyez pag. 527.
de Rupelmonde près d'Anvers . . . . T. 24c.

No. 12870. **Nucula** *sp.* (**Lyelliana** Bosq ?)
de Klein Spauwen . . . . T. 24c.

No. 12871. **Limopsis** *sp.* (**Goldfussi** Nyst ?)
de Klein Spauwen . . . . T. 24c.

No. 12872. **Pectunculus pilosus** Lin.
Voyez pag. 528.
du rupelien d'Anvers .... T. 24*c*.
» 12874. **Id.** ? de Klein Spauwen .... » 24*c*.

No. 12873. **Pectunculus** *sp.* **(fossilis** Gmel. ?)
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

No. 12875. **Arca** *sp.* **(latisulca** Nyst. ?)
du Bolderberg .... T. 24*c*.
» 12876. **Id. (sulcicosta** Nyst. ?)
du tongrien inférieur de Vliermaes .... T. 24*c*.

ASTARTIDES.

No. 12877. **Cardita planicostata** Lamk.
Voyez pag. 532.
T. 24*c*.

No. 12878. **Cardita latisulca** Nyst.
Voyez :
Nyst, *Belg.*, p. 206, pl. VI, fig. 5.
du tongrien inférieur de Vliermaes .... T. 24*c*.

No. 12879. **Cardita** *sp.*
Voyez pag. 534.
du miocène de la France .... T. 24*c*.
» 12880. **Id.** Ib. .... » 24*c*.
» 12881. **Id.** .... » 24*c*.

No. 12907. **Astarte Kickxi** Nyst.
Voyez :
Nyst, *Anvers*, p. 8, pl. I, fig. 38.
Nyst, *Belg.*, p. 157, pl. IV, fig. 3.
de Boom et Ruppelmonde .... T. 24*c*.

No. 12882. **Astarte Henckeliusana** Nyst.
Astarte Basteroti Goldf.
Voyez :
Nyst, *Limb.*, T. V, pl. I, fig. 12.
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II, p. 194, pl. 135, fig. 1.
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

No. 12883. **Crassatella** *sp.* .... T. 24*c*.
» 12834. **Id.** du bruxellien .... » 24*c*.

LUCINIDES.

No. 12945. **Erycina neglecta** Nyst.
Voyez :
Nyst, *Limb.*, p. 2, pl. I, fig. 4.
de Klein Spauwen.............................. T. 24c.

No. 12885. **Lucina concentrica** Lamk.
Voyez pag. 536.
T. 24c.

No. 12886. **Lucina** *sp.* (**tenuistria** Hébert?)
de Klein Spauwen.............................. T. 24c.

No. 12887. **Id.** (**Thierensi** Hébert?)
de Klein Spauwen.............................. T 24c.

CARDIDES.

No. 12905. **Cardium porulosum** Lamk.
Voyez pag. 537.
du bruxellien.............................. T. 24c.

No 12888. **Cardium tenuisulcatum** Nyst.
Voyez :
Nyst, *Limb.*, p. 9, pl. I, fig. 23.
de Klein Spauwen.............................. T. 24c.

CYCLACIDES.

No. 12889. **Cyrena semistriata** Desh.
Cyrena cuneiformis Goldf.
Voyez :
Deshayes < *Encyclop.*, T. II, p. 52.
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. II, p. 224, pl. CXLVI, fig. 2.
de Klein Spauwen.............................. T. 24c.
» 12890. **Id.** du système tongrien de Fauquemont.............. » 24c.

CYTHÉRIDES.

No. 12891. **Venus** *sp.* **(Nysti** D'ORB.)
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

» 12892. **Id. (incrassata** NYST?)
de Klein Spauwen .... » 24*c*.

» 12893. **Id. (similis** NYST?)
de Bolderberg .... » 24*c*.

» 12894. **Id. (laevigata** NYST?)
de Klein Spauwen .... » 24*c*.

» 12895. **Id. (Kickxi** NYST?)
de Klein Spauwen .... » 24*c*.

TELLINIDES.

No. 12901. **Psammobia Dumonti** NYST?
Voyez :
NYST, *Belg.*, p. 106.
T. 24*c*.

CORBULIDES.

No. 12896. **Corbula pisum** SOW.
Voyez :
SOWERBY, *Min. Conch*, T. III, p. 15, pl. 209, fig 4.
de Klein Spauwen .... T. 24*c*

» 12897. **Id.** Ib. .... » 24*c*.

No. 12899. **Corbulomya triangula** NYST?
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

No. 12900. **Corbulomya complanata** NYST?
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

MYACIDES.

No. 12898. **Panopaea (Hébertana** BOSQUET?)
de Klein Spauwen .... T. 24*c*.

No. 12902. **Orthoconque** .... T. 24*c*.

» 12903. **Id.** .... » 24*c*.

» 12904. **Id.** du bruxellien .... » 24*c*.

GASTÉROPODES.

DENTALIDES.

No. 12912. **Dentalium fissura** Lamk.
Voyez :
Lamarck, *Hist.*, T. V, p. 346.
Deshayes < *Mém. Nat. Par.* T. II, p. 368, pl. XVIII, fig. 6, 7.
de Klein Spauwen.......................... T. 24c.

No. 12906 **Dentalium** *sp.* (**acutum** Hébert?)
de Klein Spauwen.......................... T. 24c.

FISSURELLIDES.

No. 12908. **Fissurella costaria** Desh.
Voyez pag. 550.
de Bordeaux.......................... T. 24c.

CRÉPIDULIDES.

No. 12909 **Calyptraea deformis** Lamk.
Voyez :
Lamarck, *Hist.*, T. VII, p. 532.
de Bordeaux.......................... T. 24c.

No 12910. **Infundibulum** *sp* (**striatellum** Bosq?)
de Klein Spauwen.......................... T. 24c.

No. 12911. **Capulus** *sp*?.......................... T. 24c.

BUCCINIDES.

No. 12913. **Cerithium giganteum** Lamk.
Voyez pag. 553.
T. 24c.

No. 12914. **Cerithium elegans** Desh.
Voyez :
Deshayes, *Tert.*, T. II, p. 336, pl. LI, fig. 10—12.
du tertiaire de Fauquemont.......................... T. 24c.

" 12915. **Id.** de Klein Spauwen.......................... " 24c.

No. 12916. **Cerithium** *sp.* (**subcostellatum** Schloth.?)
du tertiaire de Fauquemont T. 24*c*.
" 12917. **Id.** (**Ib.**?) Ib. " 24*c*.
" 12918. **Id.** (**Ib.**?) de Klein Spauwen. " 24*c*.
" 12919. **Id.** .... " 24*c*.

No. 12925. **Buccinum stromboïdes** Lamk.
Voyez pag. 561. T. 24*c*.

No. 12920. **Buccinum** *sp* (**Gossardi** Nyst?)
de Klein Spauwen.. T. 24*c*.

MURICIDES.

No. 12921. **Pleurotoma costellaria** Duchast.
Voyez :
Nyst, *Limb.*, p. 31, pl. III, fig. 82, 83.
de Klein Spauwen.. T. 25*c*.

No. 12924. **Pleurotoma belgica** Goldf.
Voyez :
Goldfuss, *Petr. Germ.*, T. III, p. 20, pl. CLXXI, fig. 2.
de Klein Spauwen.. T. 24*c*.

No. 12923. **Pleurotoma filosa** Lamk.
Voyez pag. 569. T. 24*c*.

No. 12922. **Pyrula rusticula** Bast.
Voyez pag. 571.
de Bordeaux.. T. 24*c*.

VOLUTIDES.

No. 12926. **Voluta** *sp.* (**Ruthiérie** Hebert?)
de Klein Spauwen.. T. 24*c*.
" 12927. **Id.** *sp.* (**angulata** Nyst?)
de Klein Spauwen.. " 24*c*.
" 12928. **Id.** *sp.* de Grignon.. " 24*c*.

No. 5913. **Cololite** Ag.
du calcaire lithographique de Bavière.............. T. 16*f*.
" 5914. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5915. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5916 **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5917. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5918 **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5919. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5920. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5921. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5922. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5923. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5924. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5925. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5926. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5927. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5928. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5929. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5930. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5931. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5932. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5933. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5934. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5935. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5936. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5937. **Id.** Ib .... " 16*f*.
" 5938. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5939. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5940. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5941 **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5942. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5943. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5944. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5945. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5946. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5947. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5948. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5949. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5950. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5951. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5952. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5953. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5954. **Id.** Ib. .... " 16*f*.
" 5955. **Id.** Ib. .... " 16*f*.

No. 5956.	**Cololite** Ag. du calcaire lithographique de Bavière		T. 16*f*.
„ 5957.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5958.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5959.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5960.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5961.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5962.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.
„ 5963.	**Id.**	Ib.	„ 16*f*.

REPTILES.

SIMOSAURIENS.

No. 12560. **Nothosaurus mirabilis** Münst.

Voyez pag. 451.

Fragment du fémur. — du calcaire cristallin de Bayreuth.... V. 9.

LACERTIFORMES.

No. 12745. **Mosasaurus Camperi** v. Meyer.

Voyez pag. 459.

	de Maestricht		T. 21*e*.
„ 12746.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12747.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12748.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12749.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12750.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12751.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.
„ 12752.	**Id.**	Ib.	„ 21*e*.

THALASSITES.

No. 12742. **Chelonia Hoffmanni** Gray.

Voyez pag. 475.

de Fauquemont.................................. T. 21*e*.

No. 12941. **Paludina pupa** NYST.

Voyez :

NYST, *Limb.*, p. 24, pl. I, fig. 60.

de Klein Spauwen .... T. 24c.

No. 12942. **Paludina** *sp.*? .... » 24c.

LIMNÉIDES.

No. 12943. **Limneus fabulum** BRONGN.

Lymnae fabula DESH.

Voyez :

BRONGNIART < *Ann. du Mus.*, T. XV, p. 385, pl. XXII, fig. 16.

DESHAYES, *Tert.*, T. II, p. 96, 313, pl. XI, fig. 11, 12.

de Klein Spauwen............................. T. 24c.

No. 12947. **Mollusque** *sp.*

du bruxellien de Bruxelles.................. .. T. 24c.

» 12948. **Id.** Ib. .... » 24c.

» 12949. **Id.** Ib. ... . » 24c.

» 12950. **Id.** du Rhin..... .... » 24c.

» 12951. **Id.** .... » 24c.

Articulés.

CRUSTACÉS.

CIRRHIPÈDES SESSILES.

No. 12946. **Balanus** *sp.* **nov.** de Klein Spauwen.............. T. 24c.

Poissons.

PLACOIDES.

MYLIOBATIDES.

No. 12758. **Myliobates** *sp.* du terrain bruxellien............. T. 23d.

--- --- ---

SQUALIDES.

No. 12756. **Lamna elegans** Ag.
Voyez :
Agassiz, *Pois. Foss.*, T. III, p. 289, pl. XXXV, fig 1—7; pl. XXXVIIa, fig. 58, 59.
du bruxellien .... T. 23*d*.

No. 12754. **Lamna** *sp.* d'Eibergen .... T. 23*d*.
" 12755. **Id.** (**contortidens** Ag. ?)
de Klein Spauwen .... " 23*d*.

No. 12757. **Carcharodon angustidens** Ag.
Voyez :
Agassiz, *Poiss. Foss.*, T. III, p. 255, pl. XXVIII, fig. 20—25.
de Twickel .... T. 23*d*.

No. 12758. **Carcharodon heterodon** Ag.
Voyez :
Agassiz, *Poiss. Foss.*, T. III, p. 258, pl. XXVIII, fig. 11—16.
de la France .... T. 23*d*.

No. 12759. **Carcharodon** *sp.*
d'Eibergen .... T. 23*d*.

No. 12760. Dents de requin. — de Wieringen .... T. 23*d*.

IMPRIMERIE DES HÉRITIERS LOOSJES, à HARLEM.

